μCOM-80トレーニング・キット
TK-80ユーザーズ・マニアル

NEC日本電気株式会社

IEM-560A
SEP.-22-76

目　　次

第1章　概　　説

はじめに

ＴＫ－８０トレーニング・キットは，これからマイクロコンピュータを理解し，実際に使って見ようという方の便宜のために設計された８ビット・マイクロコンピュータのキットで，組み立てに必要な全部品と説明書が含まれています．従ってあなたは組み立て説明書の指示通りに部品を取り付けていけばキットを完成させることができます．

組み立てたセットは，プログラミング手段としてキー・ボード・スイッチと１６進数表示の８桁ディスプレイを備えていますので，電源を接続するだけですぐにプログラムを書き込んで，その場でそのプログラムを実行することができます．説明書の中には興味深いプログラム例が示されていますので，その通りプログラムしていけば楽しみながらプログラム・テクニックを少しずつ習得していくことができます．

このようにＴＫ－８０キットは，マイクロコンピュータのハードウェアとソフトウェアを具体的に体験しながら学ぶことができるため，極めて短時間でこの分野の知識を習得することができます．

このキットで採用している回路は，トレーニング・キットとしての機能を目的として低価格，簡略化を計っており，量産機種には不向きの部分もありますので，直接の採用はお控えください．なお当社は，特許権等に関する一切の責任を負いませんので，御了承ください．

注意　部品キットの開封は，マニアルの中で組み立ての指示があるまで行わないでください．

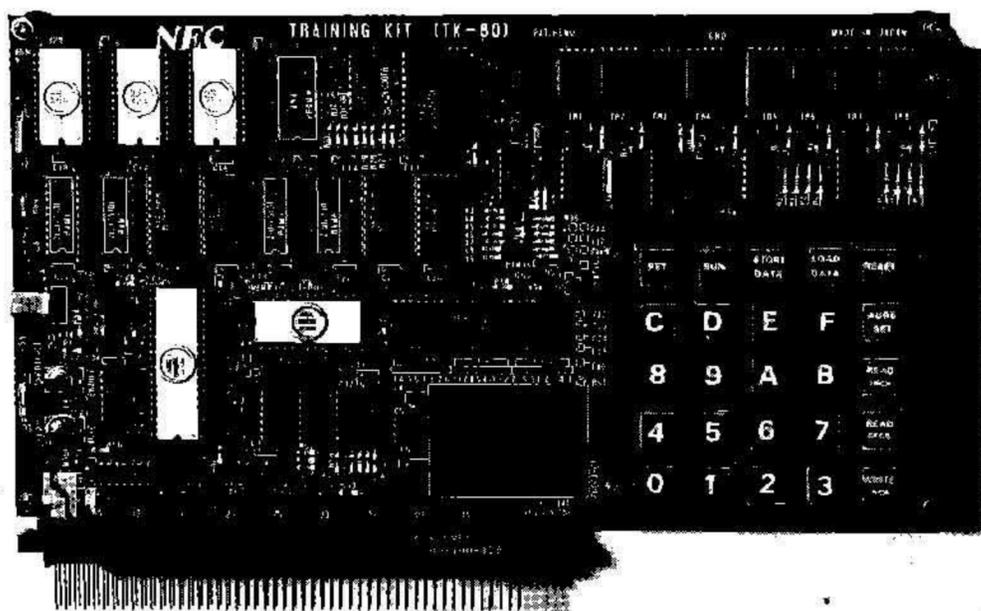
写真１－１　完成したTK－80キット

1.1　TK−80のシステム概要

図1−1　TK−80のシステム構成

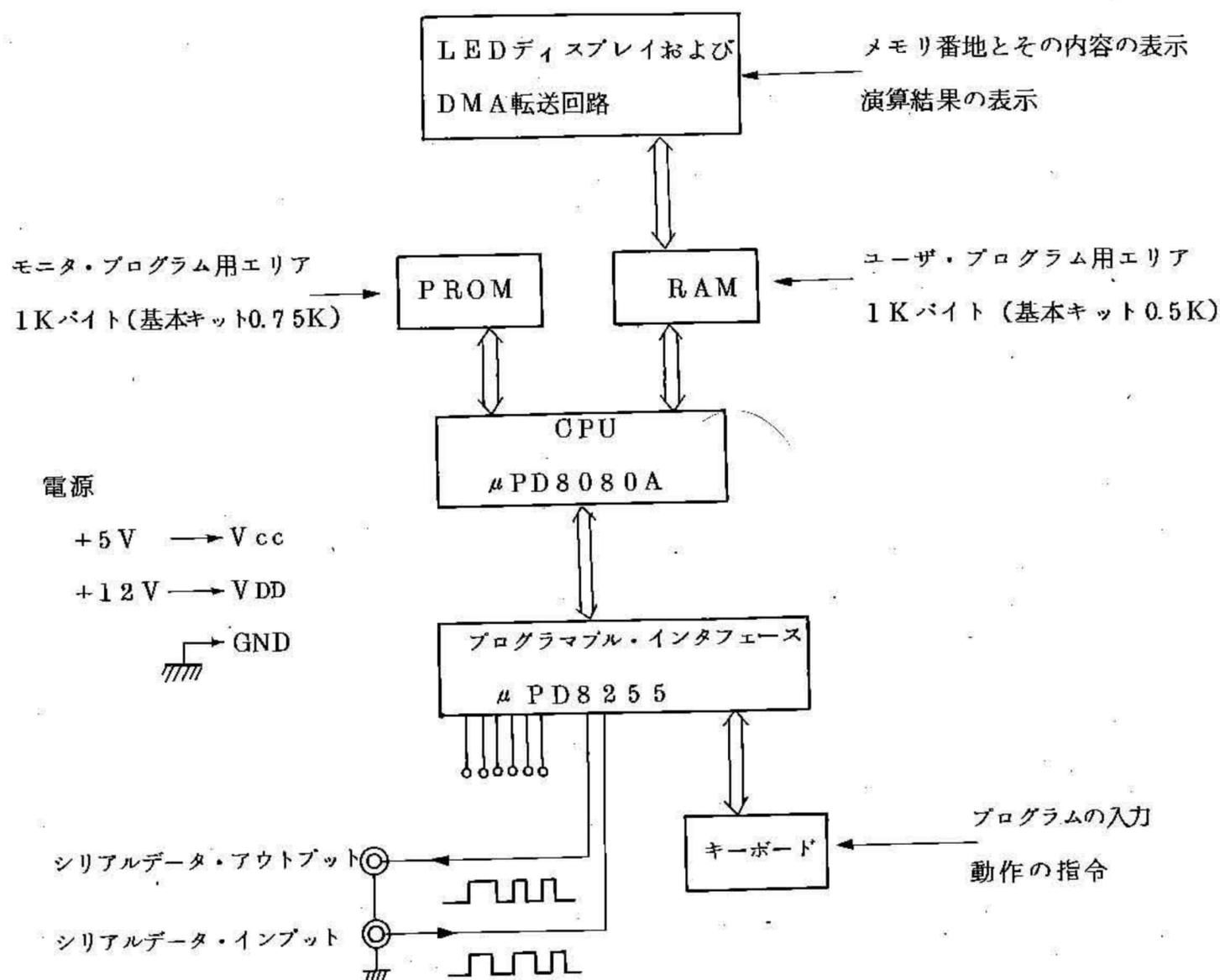



図1−1にTK−80のシステム構成を示します．このシステムは動作に必要な全回路を1枚のプリント・ボードに実装した極めてシンプルな構成になっています．このためボードへの部品取り付けが完了すると，外部より2種類の電源を供給するだけで，すぐにシステムを動作させることができます．

はじめにRESETキーを押すと，PROMに書き込まれているモニタ・プログラムが動作を開始します．モニタ・プログラムは，データや命令をキーボードからメモリに書き込んだり，読み出したりするためのプログラムです．この時メモリ番地とデータはそれぞれ16進数表現で，8桁の数字表示用LEDに表示されます．PROMを取り付けるスペースは4個分あり（PROM1個のサイズは256ワード×8ビットです），その内モニタ・プログラムに3個がすでに使われていますので，残り1個のスペースがユーザ・プログラム用として使用できます．

RAMはボード上に1,024バイトまで実装できますが（RAM 1個のサイズは256ワード×4ビット），最小構成では2チップ・256バイトで動作可能です．RAMを最小構成から順に増やして行く場合には，メモリ番地の大きい方から小さい方へという順番で実装して行きます．これはモニタ・プログラムで使用するスタック・エリアとワーキング・エリアがRAMの実装されるメモリ番地の最後にとられているためです．

ＴＫ－８０で使用するＲＡＭは，消費電流の非常に少ないＣＭＯＳですので，乾電池でバック・アップすれば他の電源を切っても，記憶した内容をそのまま保持することができます．

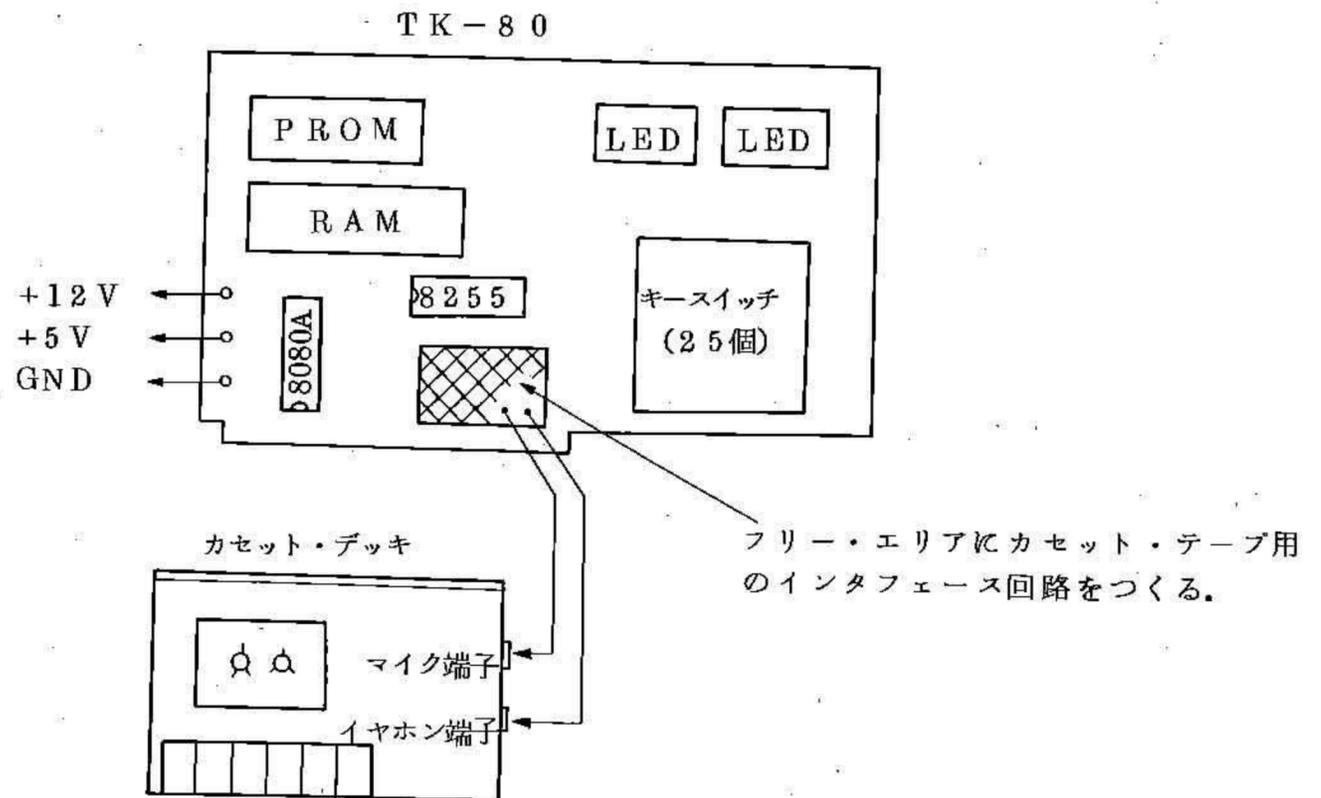
プログラマブル・ペリフェラル・インタフェースＬＳＩは，キーボード回路のスキャニングに使用されます．また入出力ポートの内２本がシリアル・データ転送用に使用されます．シリアル・データとＴＫ－８０で使用されるパラレル・データとの変換は，モニタ・プログラムがソフトウェア上の処理で行っています．このシリアル・データ転送ラインにオーディオ周波数での変復調回路を追加すれば，簡単にオーディオ・テープ（カセット・テープが手軽です）を外部記憶装置として使用できます．

オーディオ・テープへの書き込み，読み出しのためのソフトウェアはモニタ・プログラムに含まれています．最も簡単な変復調回路は（第６章を参照してください），ＩＣ２～３個とダイオード，抵抗，コンデンサおのおの数本で構成できますので，ＴＫ－８０のプリント・ボードのフリー・エリアとして残されているスペースに組み込むことができます．

1.2　TK－80の仕様

ＣＰＵ	μＰＤ８０８０Ａ
クロック周波数	2.０４８ＭＨｚ（１８.４３２ＭＨｚクリスタル使用）
ＲＯＭ実装容量（ＭＡＸ）	1,０２４バイト（ボード上ＭＡＸ）
ＲＡＭ実装容量（ＭＡＸ）	1,０２４バイト（ボード上ＭＡＸ）
パラレルＩ／Ｏポート	８ビット×３ポート（入力，出力はプログラム可能）
入力装置	キーボード・スイッチ　２５個（標準）
表示装置	８桁７セグメントＬＥＤによる１６進数表示
シリアルＩ／Ｏ	１１０ビット／秒のシリアル入・出力端子（シリアルデータのロード，ストア機能はモニタに含まれています）
動作モード	シングルステップ，自動，をスイッチで切り換え
ＲＡＭバックアップ	乾電池２本（３Ｖ）で可能
電源	外部電源が必要
	＋５Ｖ ±５％　　０.９Ａ（ＭＡＸ）
	＋１２Ｖ±５％　　０.１５Ａ（ＭＡＸ）
動作温度	0°Ｃ～５0°Ｃ
寸法	３１０×１８０mm（プリント基板の寸法）

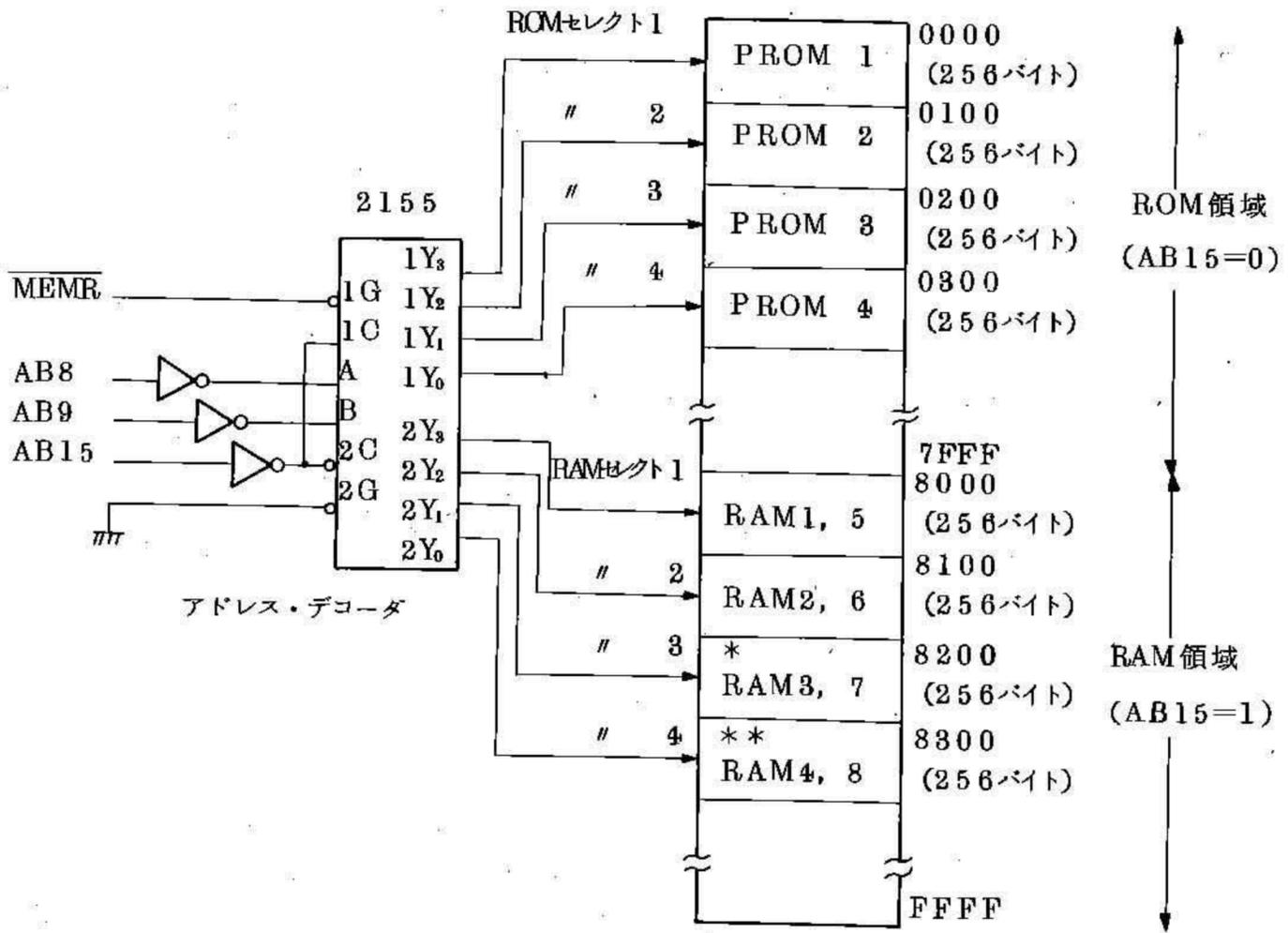
1.3　オーディオ・カセットの利用

図１－２　オーディオ・カセットの接続法

ＴＫ－８０のモニタ・プログラムには，すでにオーディオ・カセットを外部記憶装置として利用するための，ロード，ストア機能が含まれています．実際には図１－２のような構成で利用できます．

1.4　システムの拡張性

システムに拡張性をもたせるために，プリント・ボードのコネクタ端子にアドレス・バスとデータ・バスが引き出されています．ただし，データ・バスはＴＴＬでドライブ能力が強化されていますがアドレス・バスはＣＰＵ（ＭＯＳ）から直接引き出されているので，大きな負荷が接続される場合には途中にバッファを追加する必要があります．

またメモリをボードの外に増設したい場合には，ボード上のメモリと追加したメモリを正しくアクセスさせるためのデコーダが必要です．このように適当なバッファやデコーダを追加すれば，システムは拡張することができます．

図１－３　基本構成のメモリ配置

** 最初にメモリを実装する場合は，ＲＡＭ４，ＲＡＭ８の位置に取り付けます（このエリアにスタックが確保されます）．

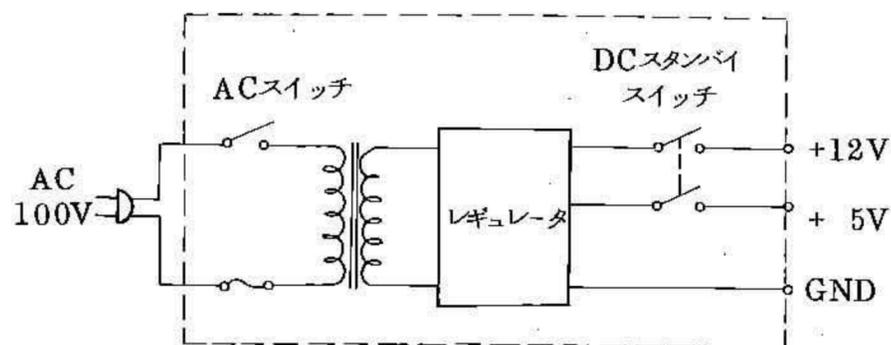
*　次に〔ＲＡＭ３，ＲＡＭ７〕，〔ＲＡＭ２，ＲＡＭ６〕，〔ＲＡＭ１，ＲＡＭ５〕の順に取り付けます．

1.5　電源に関する注意事項

ＴＫ－８０用の電源には，ＡＣスイッチとＤＣスタンバイ・スイッチの両方が付いているものを使用するようにして下さい。

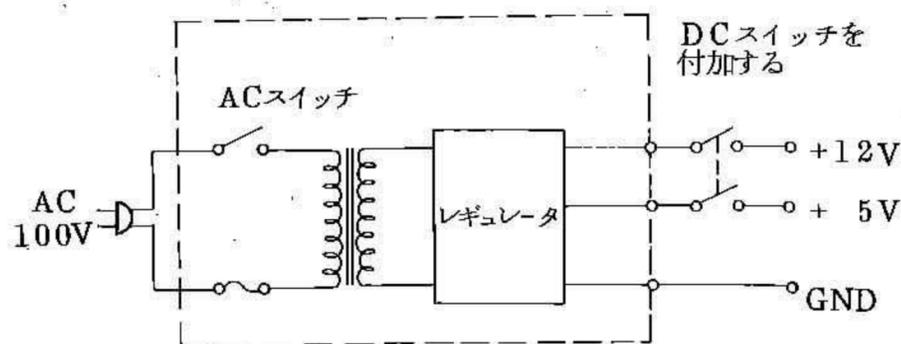
ＡＣスイッチだけが付いている電源を利用する場合は，ＤＣスイッチを外付けして，このスイッチで電源のオン／オフを行って下さい。

備考　一般の安定化電源では，ＡＣスイッチのオン／オフ時に電源トランスに発生したサージが直流出力にのって，スパイク状の異常電圧を誘起することがあります。
この異常電圧は，その程度によりますが最悪の場合にはＩＣなどの素子に悪影響を与えます。

(1)　好ましい電源

ＤＣ出力をＯＦＦにできるスイッチが付いている電源が好ましい。

投入順序
ＡＣ　ＳＷ　ＯＮ
↓
ＤＣ　ＳＷ　ＯＮ

（＋５Ｖ，＋１２Ｖのスイッチが独立している場合には＋５Ｖを先に投入して下さい）

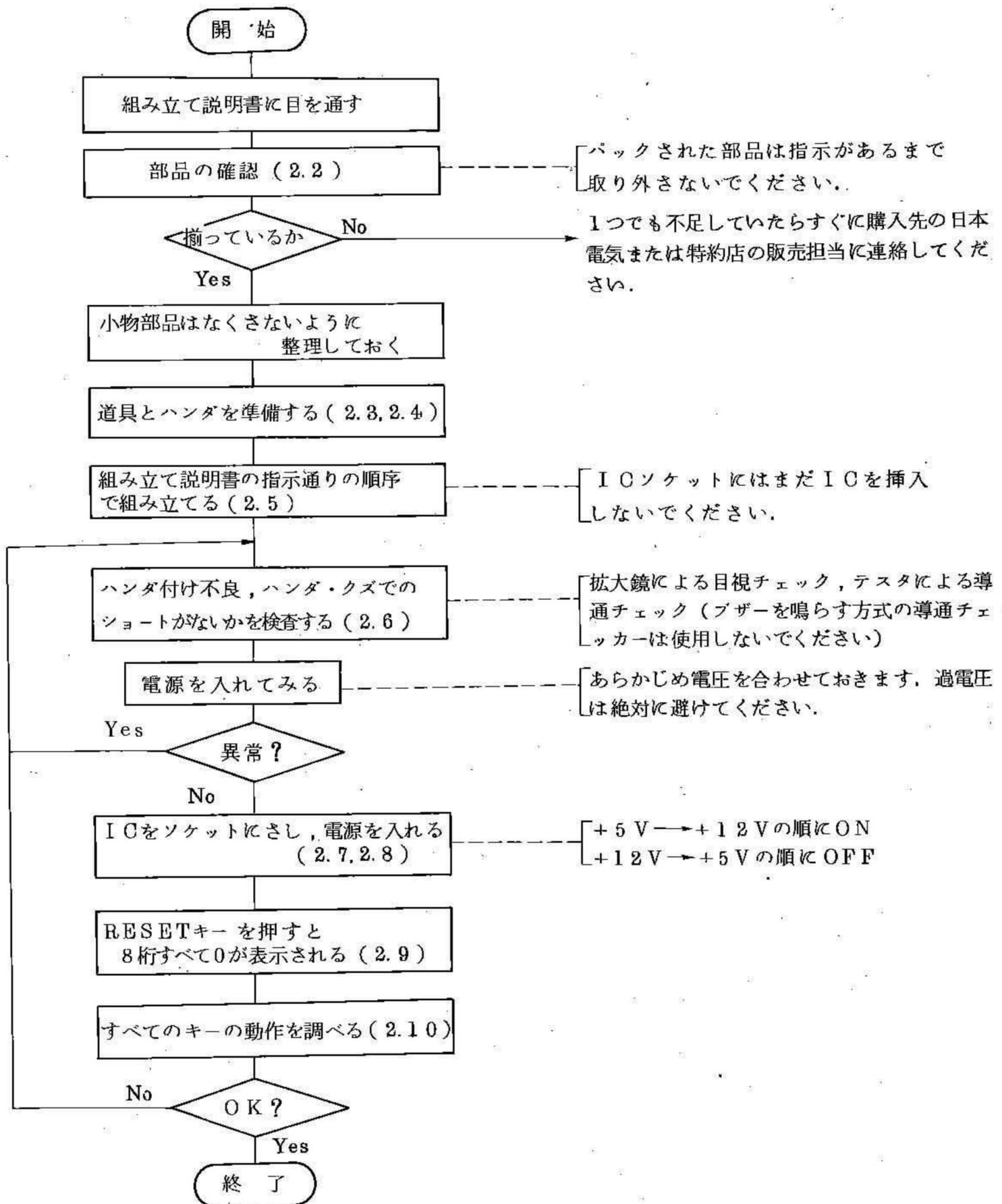
(2)　ＤＣスイッチの外付け

切断順序
ＤＣ　ＳＷ　ＯＦＦ
↓
ＡＣ　ＳＷ　ＯＦＦ

（＋５Ｖ，＋１２Ｖのスイッチが独立している場合には＋１２Ｖを先に切断して下さい）

第2章　組み立て

2.1　組み立て作業の進め方

ＴＫ－８０キットの組み立ては，図２－１の順序で行ってください．

図２－１　組み立て作業の進め方

2.2 キット部品の確認

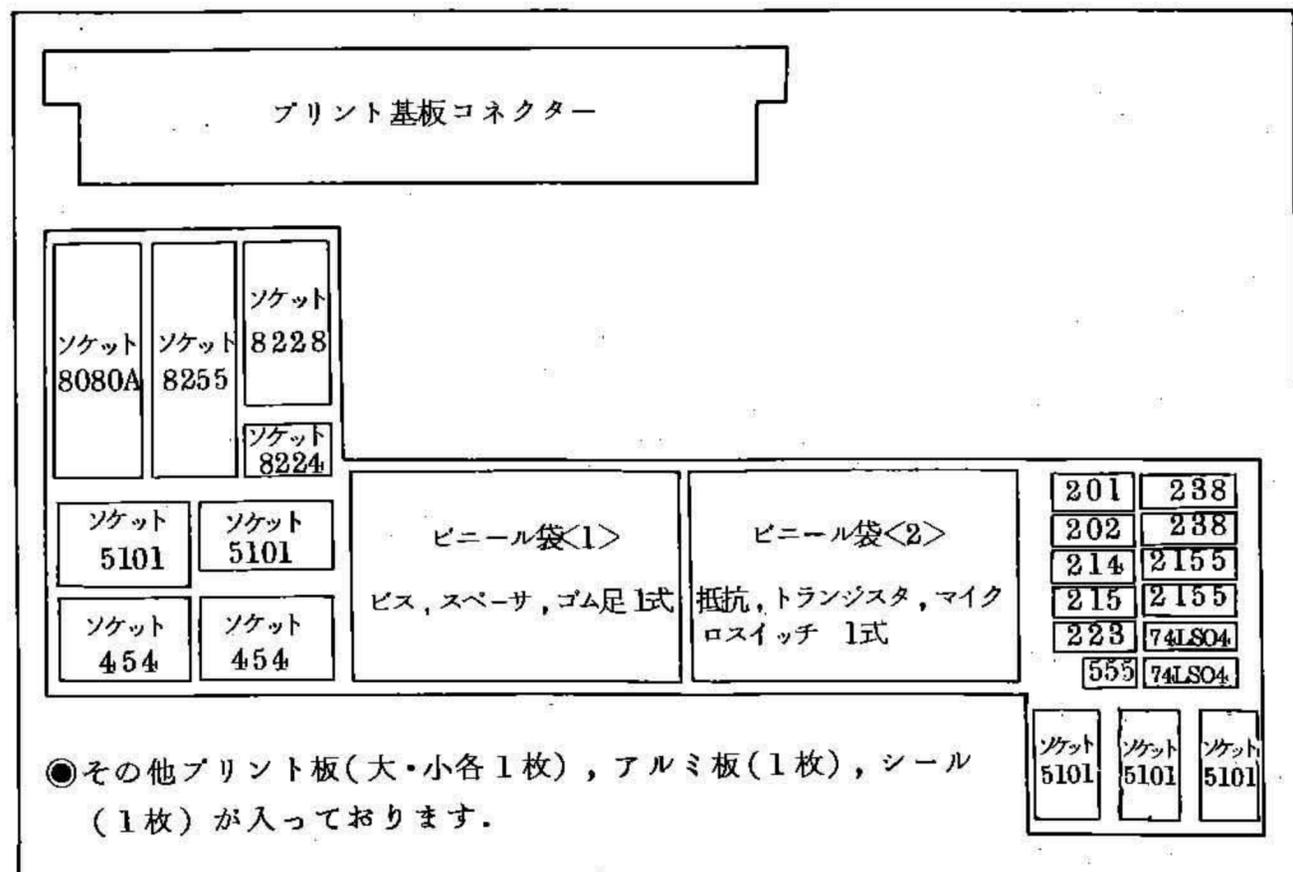
キットには，次の部品が含まれています．組立て前に必ず確認してください．

部品の中にはMOS LSIのように静電気に対して敏感な素子も含まれていますので，前面にパックされている部品は指示があるまで取付け台からはずさないでください．

(1) 前面にパックされている部品

IC	μPD8080A	×1	8ビット・パラレル・セントラル・プロセッサ・ユニット
	μPB8212	×1	8ビット I/Oポート
	μPB8224	×1	クロック・ジェネレータ・ドライバ
	μPB8228	×1	システムコントローラ・バスドライバ
	μPD8255	×1	プログラマブル周辺インタフェース
	μPD454	×3	フルデコード2048ビット EEPROM
	μPD5101	×4	フルデコード1024ビット スタティックRAM
LED	SN713A	×8	7セグメント固体発光数字表示素子
XTAL	18.432MHz	×1	HC18/Uタイプ水晶振動子
KEYスイッチ		×25	メカニカル接点キー・スイッチ

(2) 箱の内側に格納されている部品

図2－2 箱の内側の部品配置

IC　μPB201(7400) ×1
μPB202(7410) ×1
μPB214(7474) ×1
μPB215(7401) ×1
μPB223(7493A) ×1
μPB238(7438) ×2
μPB2155(74155) ×2
74LS04 ×2
NE 555 ×1
ICソケット　40 ピン ×2
28 ピン ×1
24 ピン ×3
22 ピン ×4
16 ピン ×1
プリント基板（大） ×1
プリント基板（小） ×1
プリント基板用コネクタ ×1
キー取付用アルミ板 ×1
キー用文字シール 1組

ビニール袋(1)
ビス ×7
ナット ×7
ワッシャ ×7
スペーサ（長） ×3
スペーサ（短） ×4
ゴム足 ×7
スズメッキ線材 2m
エンパイア・チューブ 1m
ビニル線材 1m

ビニール袋(2)
抵抗器　51Ω 1/4W ×8
1KΩ 1/4W ×24
5.1KΩ 1/4W ×8
10KΩ 1/4W ×8
15KΩ 1/4W ×8
33KΩ 1/4W ×8
51KΩ 1/4W ×2

コンデンサ	1μF	15WV	タンタル	×2
	10μF	25WV	タンタル	×1
	22μF	15WV	タンタル	×2
	0.01μF	50WV	セラミック	×34
トランジスタ	2SA713	×8		
ダイオード	SD13	×4		
	1S953/954	×2		
トグルスイッチ	双極双投	×1		
	単極双投	×1		

確認の結果，1個でも不足していた場合は，購入先の日本電気または特約店の販売担当へ連絡してください．

写真2－1　TK－80キット

2.3　道具の準備

2. 3. 1　必要な道具，材料

○ハンダごて　○ニッパ　○テスタ　○ハンダ

ハンダごては，２５Ｗ程度の小型で，こて先の細いものが必要です．古くなったこて先は新しいものと交換してください．ヒータとこて先の絶縁不良のものは絶対に使用しないでください．

ハンダは“ヤニ入りハンダ”を使用してください．ハンダの線径は0.７mm〜1.0mmのものが適当です．太すぎますとハンダが多く，盛り上がり過ぎて隣りのパターンとのショートの原因になりやすいのでよくありません．

2. 3. 2　あると便利な道具

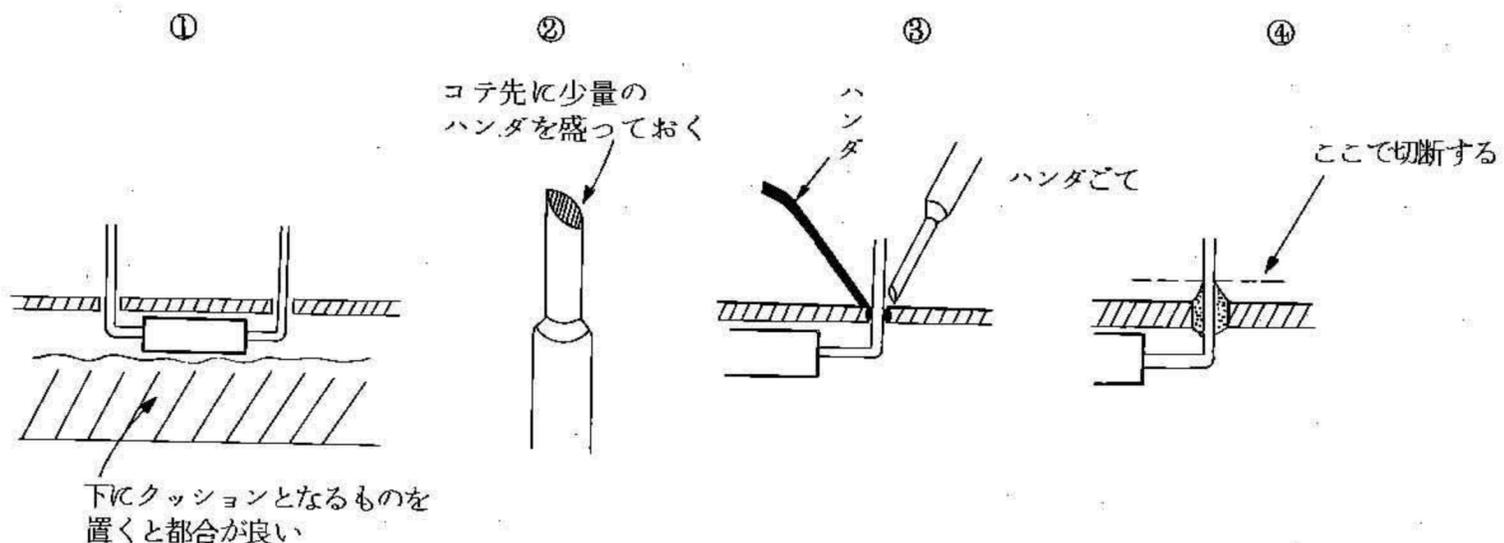
○拡大鏡　○十字ドライバ　○先き細ペンチ

○ハンダ吸い取り用のフラックス含有編線

拡大鏡はハンダ付け完了後，配線パターンが“ハンダくず”や“細いハンダの糸”でショートしていないかを調べるのに便利です．虫めがね，ルーペなどなんでも結構ですが，あると重宝なものです．

2.4　ハンダ付けに関する注意

ハンダ付けの前にハンダごての手入れを行うように心掛けてください．こて先の太いものや古くなってボロボロになっているものは不適当です．ヤスリで磨くか新しいものと交換してください．またこて先とヒータが絶縁不良になっていますと，半導体部品を破壊する恐れがありますので，一度テスタで絶縁状態を調べてください．

図２－３　ハンダ付け手順

ハンダ付け作業は次の手順で行います．

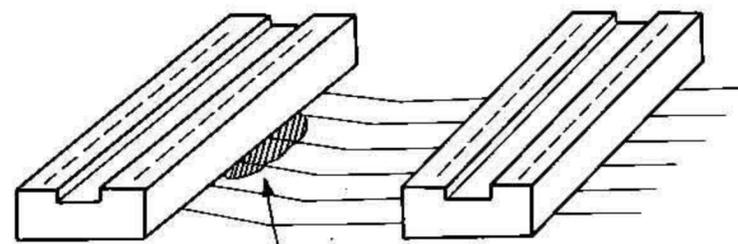
(1) まず部品を取り付け穴に差し込み，裏返しにします．この時クッションとなるものを下に置くと部品がしっかり押え付けられます．

(2) ハンダごてのこて先に少量のハンダを付け，ハンダになじませて置きます．

(3) ハンダごてをハンダ付けする場所とリード線に密着するようにあてがって加熱します．ほぼ同時か少し遅れてハンダ線をこの場所にあてがうとハンダが溶け始めます．ハンダがスルーホールの穴に吸い込まれ，接合部に行きわたったらハンダとハンダごてを離します．

(4) 不要のリード線をニッパで切り捨てればハンダ付けは完了します．半導体部品は長時間過熱することはできませんので，この作業は２～３秒程度で終わるようにしてください．

注　ハンダは多く盛り過ぎないように注意してください．余分のハンダは隣りのパターンへ流れたり，思わぬ障害になることがあります．特にＩＣソケットを取り付ける際には，できるだけ少量のハンダで済ませてください．プリントの穴はスルーホールですので，ハンダは片面だけで良く裏面までしみ込ませる必要はありません．あまりハンダを流し込み過ぎますと，ソケットに隠れて見えない部分でピン間のショート注(1)を起こすことがありますので注意してください．

また，プリント・ボードの上で不用意にハンダごてを振るのは避けてください．落ちたハンダが思わぬ場所に入り込んで気が付かないことがありますので注意してください．

溶けたハンダ玉がＩＣソケットの下に入り込むとＩＣソケットを一旦はずさないと修理できません．

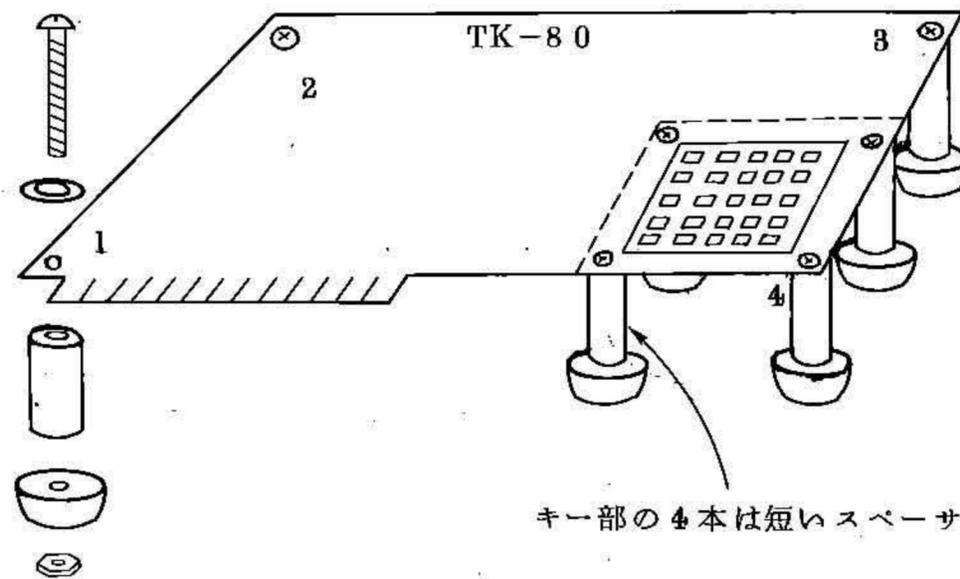
注(1)　このキットではプリント・ボードのハンダ部分以外は，レジストでカバーされていますので，ブリッジは起こりにくくなっていますが念には念を入れてください．

2.5 組み立て

2. 5. 1 スペーサとアルミ・ボードの取り付け

プリント・ボードの下面にスペーサとキー取り付け用アルミ・ボードを取り付けます.

キーはまだ取り付けないでください.

図2－4 スペーサとアルミ・ボードの取り付け

2. 5. 2 抵抗器の取り付け

抵抗はプリント・ボード上では，(a)のように白い線で表示されていますので，(b)のように白い線の両端の穴に取り付けてください.

また，(c)のように線の途中に穴がある場合は無視して，(d)のようにやはり両端の穴に取付けてください.

抵抗は全部で66個あります. R1から順にR66まで表2－1に示す値に応じて取り付けてください.

(a)
○――○
R15

(b)
R15

(c)
○―○―○
R16

(d)
R16

プリント・ボード上の取り付け位置は，付図(I)を参考にしてください. 取り付けの終わった部分は色鉛筆で，○―○ R15 のように塗りつぶしておくと間違いがありません.

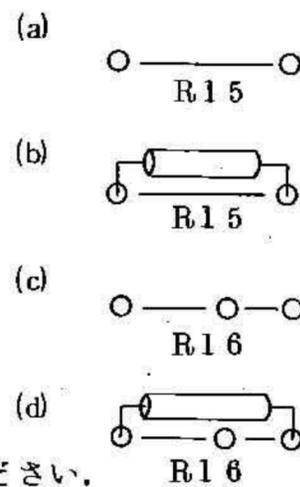



表2－1　抵抗器部品表

番号	抵抗値	カラーコード	番号	抵抗値	カラーコード
R１	5.1　KΩ	緑・茶・赤	R３４	３３　KΩ	橙・橙・橙
２	１０　KΩ	茶・黒・橙	３５	３３　KΩ	〃
３	5.１　KΩ		３６	３３　KΩ	〃
４	１０　KΩ		３７	３３　KΩ	〃
５	5.１　KΩ		３８	３３　KΩ	〃
６	１０　KΩ		３９	３３　KΩ	〃
７	5.１　KΩ		４０	３３　KΩ	〃
８	１０　KΩ		４１	３３　KΩ	〃
９	5.１　KΩ		４２	１５　KΩ	茶・緑・橙
１０	１０　KΩ		４３	１５　KΩ	〃
１１	5.１　KΩ		４４	１５　KΩ	〃
１２	１０　KΩ		４５	１５　KΩ	〃
１３	5.１　KΩ		４６	１５　KΩ	〃
１４	１０　KΩ		４７	１５　KΩ	〃
１５	5.１　KΩ		４８	１５　KΩ	〃
１６	１０　KΩ		４９	１５　KΩ	〃
１７	１　KΩ	茶・黒・赤	５０	１　KΩ	茶・黒・赤
１８	５１　Ω	緑・茶・黒	５１	５１　KΩ	緑・茶・橙
１９	５１　Ω	〃	５２	１　KΩ	茶・黒・赤
２０	５１　Ω	〃	５３	１　KΩ	〃
２１	５１　Ω	〃	５４	５１　KΩ	緑・茶・橙
２２	５１　Ω	〃	５５	１　KΩ	茶・黒・赤
２３	５１　Ω	〃	５６	１　KΩ	〃
２４	５１　Ω	〃	５７	１　KΩ	〃
２５	５１　Ω	〃	５８	１　KΩ	〃
２６	１　KΩ	茶・黒・赤	５９	１　KΩ	〃
２７	１　KΩ	〃	６０	１　KΩ	〃
２８	１　KΩ	〃	６１	１　KΩ	〃
２９	１　KΩ	〃	＊６２	１　KΩ	〃
３０	１　KΩ	〃	６３	１　KΩ	〃
３１	１　KΩ	〃	６４	１　KΩ	〃
３２	１　KΩ	〃	６５	１　KΩ	〃
３３	１　KΩ	〃	６６	１　KΩ	〃

備考　抵抗器はすべて¼W，許容差±１０％です．

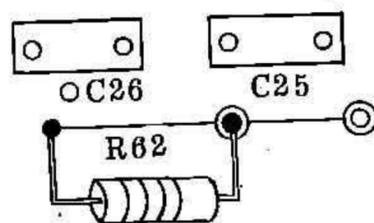
＊　R６２の取り付け位置は下図のようになります．間違わないよう注意してください．

2. 5. 3 ダイオードの取り付け

表2－2 ダイオード

番 号	品 名	規 格
D 1	ゲルマニウム・ダイオード	S D 1 3
2	〃	〃
3	シリコン・ダイオード	1 S 9 5 3／9 5 4
4	ゲルマニウム・ダイオード	S D 1 3
5	〃	〃
6	シリコン・ダイオード	1 S 9 5 3／9 5 4

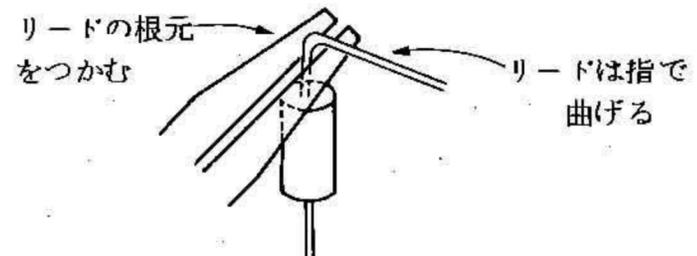
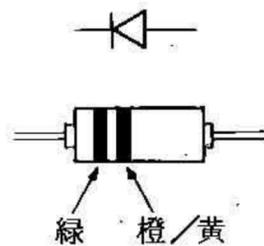
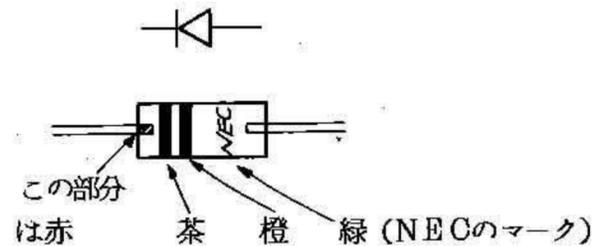
ダイオードはすべてガラス封入タイプですので，リード線を曲げる時，ガラスに力が加わらないように注意してください.

ダイオードには図2－5のように，品名を示す2桁のカラーコードが付いています.
極性はこのカラーコードの付いている方がカソード側ですので，間違わないように取り付けてください.

図2－5 ダイオードの品名および極性表示

1S953／954の表示　　S D 1 3の表示

2. 5. 4 コンデンサの取り付け

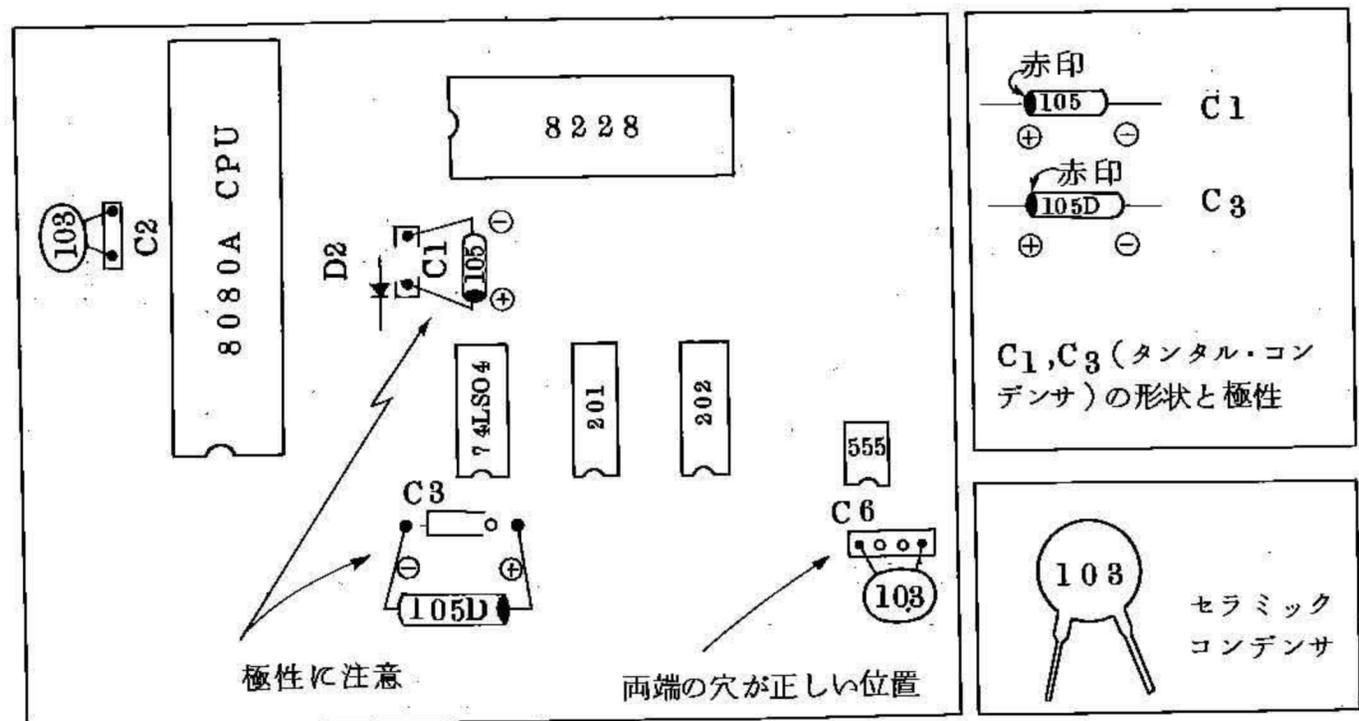
コンデンサは全部で３９個あります．その内Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３，Ｃ６は回路の動作上，絶対必要なものであり，それ以外は電源のバイパス・コンデンサとして使われます．

Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３，Ｃ６を最初に取り付ければ確実です．

表２－３　最初に取り付けるコンデンサ

番　号	品　　名	規　　格
Ｃ１	タンタル・コンデンサ	1μF　15WV
２	セラミック・コンデンサ	0.01μF　25WV
３	タンタル・コンデンサ	1μF　15WV
６	セラミック・コンデンサ	0.01μF　25WV

注　Ｃ１，Ｃ３はタンタル・コンデンサで有極性ですので，プリント基板上には図２－６の極性となるように取り付けてください．

図２－６　Ｃ１，Ｃ３の取り付け方向

次にＣ３７，Ｃ３８，Ｃ３９を取り付けます．この３つもタンタル・コンデンサですので極性には十分注意してください．

プリント基板上には，⊕ または ＋ のマークが付いていますので，⊕または＋マークの付いている方にプラス側を接続してください．

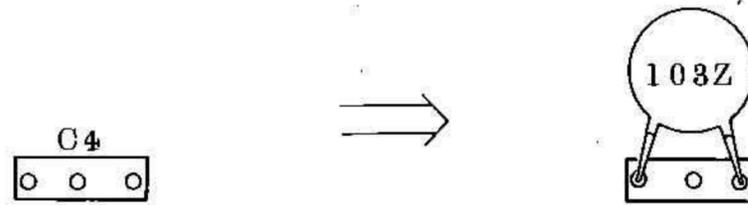
表２－４　極性に注意するコンデンサ

番　号	品　　名	規　　格
Ｃ１	タンタル・コンデンサ	1μF　15 WV
３	〃　〃	1μF　15 WV
３７	〃　〃	22μF　15 WV
３８	〃　〃	10μF　25 WV
３９	〃　〃	22μF　15 WV

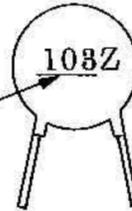
最後にＣ４，Ｃ５，Ｃ７～Ｃ３６を取り付けます．これらはすべて電源バイパス用コンデンサです．極性はありません．

表２－５　バイパス用コンデンサ

番　号	品　　名	規　　格
Ｃ４	セラミック・コンデンサ	０.０１μＦ　５０ＷＶ
５	〃　〃	０.０１μＦ　５０ＷＶ
７～３６	〃　〃	０.０１μＦ　５０ＷＶ

コンデンサの取り付け位置を示す記号で，マークの中に２個以上の穴がある場合は，両端の２つの穴が正しい取り付け穴です．

＊セラミック・コンデンサの形状

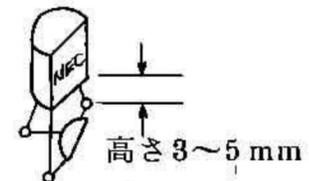
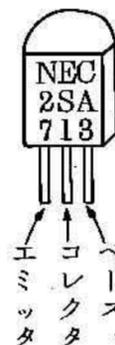
１０３は，１０×１０³ ＰＦ

すなわち０.０１μＦを示します．

２．５．５　トランジスタの取り付け

トランジスタはＬＥＤのドライブ用に８個使用します．プリント基板にはのようにマークされていますので，真上から見てマークとトランジスタの外形が一致するように取り付けてください．

表２－６　トランジスタ

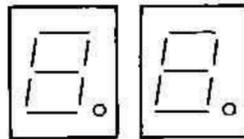
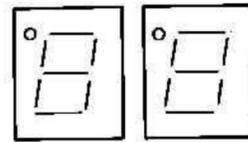
番　号	品　　名	規　　格
TR1～8	PNP ダーリントン・トランジスタ	２ＳＡ７１３

取り付けの高さは低い方が安定して良いのですが，リードを無理に変形させない程度（３mm位）としてください．

2. 5. 6 LEDの取り付け

LEDは8個あります．それぞれ位置がずれないよう，同じ高さに取り付けてください．

表2－7　LED.

番号	品名	規格
LED1～8	7セグメントLED	SN713A

図2－7　LEDの取り付け方

○正しい取り付け方向　　×誤った取り付け方向

小数点が下側（トランジスタの並ぶ側）となるように取り付けます．

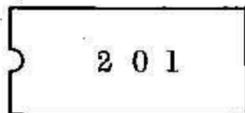
2. 5. 7 ICの取り付け

ソケットを使用しないICは，プリント基板に直接ハンダ付けします．

表2－8　ハンダ付けするIC

番号	品名	機能
IC 1	SN74LS04	Hex Inverter
2	μPB 201 (7400)	Quad 2-Input NAND
3	μPB 214 (7474)	Dual D Flip-Flop
4	μPB 202 (7410)	Trip 3-Input NAND
5	μPB 215 (7401)	Quad 2-Input NAND O/C
6	μPB 223 (7493A)	4-Bit Binary Counter
7	μPB 2155 (74155)	Dual 2-4 Decoder
8	μPB 2155 (74155)	〃
9	SN74LS04	Hex Inverter
10	μPB 238 (7438)	Quad 2-Input NAND Buffer O/C
11	μPB 238 (7438)	〃
28	μPB 8212	8-Bit I/O Port
29	NE 555	Timer

プリント基板上のＩＣ取り付け位置は，右図のように
マークされていますので，その番号と同じ品名のＩＣを
取り付けてください．またＩＣパッケージの“くぼみ”
の方向もマークと一致するように注意してください（・印は１ピンの位置を示します）．

２０１

ＩＣおよびＬＥＤの取り付け方向は，絶対に間違わないよう
注意してください．

注　各ＩＣは最初に対角線上の２ピンだけをハンダ付けして，もう一度間違って取り付けていないか念を入れて確認し，その後で全部のピンをハンダ付けしてください．全ピン，ハンダ付け終了後ではきれいに取り外す事はまず期待できないと考えてください．

もし間違って取り付けていることがわかった場合は，ハンダ付けしたピンのハンダを完全に吸い取ってから軽くこじるようにして抜き取ってください．

ハンダを吸い取るためには，平編線にフラックスをしみ込ませたものが“ＳＯＬＤＥＲ ＴＡＵＬ”の商品名で市販されていますので利用すると便利です．これを使ってきれいにハンダを吸い取るコツは，いつも編み線の新しい部分を使用し，ハンダがにじんできた部分はどんどん捨てていくことです．この方法は毛細管現象を利用して溶けたハンダを編み線に吸い込むもので，ハンダ除去の方法としては非常にすぐれています．

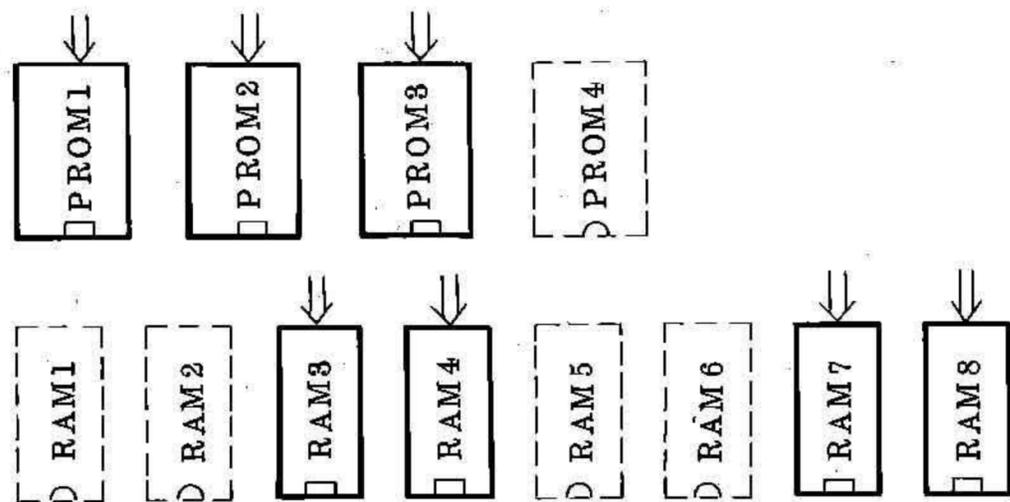
2. 5. 8　ＩＣソケットの取り付け

ＩＣソケットは１１個使用します．

表２－９　ＩＣソケット

ピン数	使用するＩＣ	
４０　ピン	μＰＤ８０８０Ａ	
４０　ピン	μＰＤ８２５５	
２８　ピン	μＰＢ８２２８	
２４　ピン	μＰＤ４５４	ＰＲＯＭ１
２４　ピン	μＰＤ４５４	ＰＲＯＭ２
２４　ピン	μＰＤ４５４	ＰＲＯＭ３
２２　ピン	μＰＤ５１０１	ＲＡＭ３
２２　ピン	μＰＤ５１０１	ＲＡＭ４
２２　ピン	μＰＤ５１０１	ＲＡＭ７
２２　ピン	μＰＤ５１０１	ＲＡＭ８
１６　ピン	μＰＢ８２２４	

ソケットのくぼみのある方向と，プリント基板上のＩＣマークのくぼみとを合わせて取り付けてください．最初に対角線上の２ピン（例えば１，４０ピン）をハンダ付けし，取り付けがゆがんでいないことを確かめてから，残りのピンを順番にハンダ付けしてください．

注意　２４ピン・ソケット３個は，ＰＲＯＭ１，２，３の指定位置に，また２２ピン・ソケット４個はＲＡＭ３，４，７，８の指定位置に取り付けてください．

ＩＣソケットとプリント基板との間にハンダが誤って入ってしまうと，ピン間のショートの原因となりやすく，しかも目視で見つけにくいものですから，くれぐれも注意してください．

ＩＣソケットのピン間隔（ピッチ）は2.５４mm（0.1インチ）と狭いので，できるだけ細いハンダ線を使用し，ハンダを盛り過ぎないようにしてください．

キットに含まれているＩＣソケットはすべてハンダ・ディップ用で足の短いものです．このため，動作時にＬＳＩの各端子での波形を観測する必要のある場合は，あらかじめラッピング・タイプのＩＣソケットを取り付けておく方が便利です．ソケットの足が長いのでクリップなどによる信号線の引き出しが容易となります．

2. 5. 9　水晶振動子の取り付け

水晶振動子は右図のようにリード線を曲げて取り付けます．

この振動子のケースはＨＣ １８／Ｕタイプと呼ばれる小型のものですので，通常の利用状態ではリード線による支持だけで充分ですが，振動の多い状況での利用では，プリント基板に接着してしまうことをおすすめします．

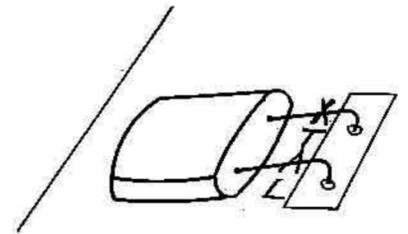



表2－10　水晶振動子

品　名	規　　格
XTAL	基本発振モード　18.432MHz　*

* 振動子のケースには周波数が刻印されていませんが，正確に18.432MHzで発振するものを出荷しております．

2. 5. 10 トグル・スイッチの取り付け

トグル・スイッチは2個取り付けます．

図2－8の取付け図のように取り付け，配線（ビニル線）は裏面で配線図通り行ってください．

表2－11　トグル・スイッチ

番　号	品　名	規　格
SW1	トグル・スイッチ	単極双投
2	〃	双極双投

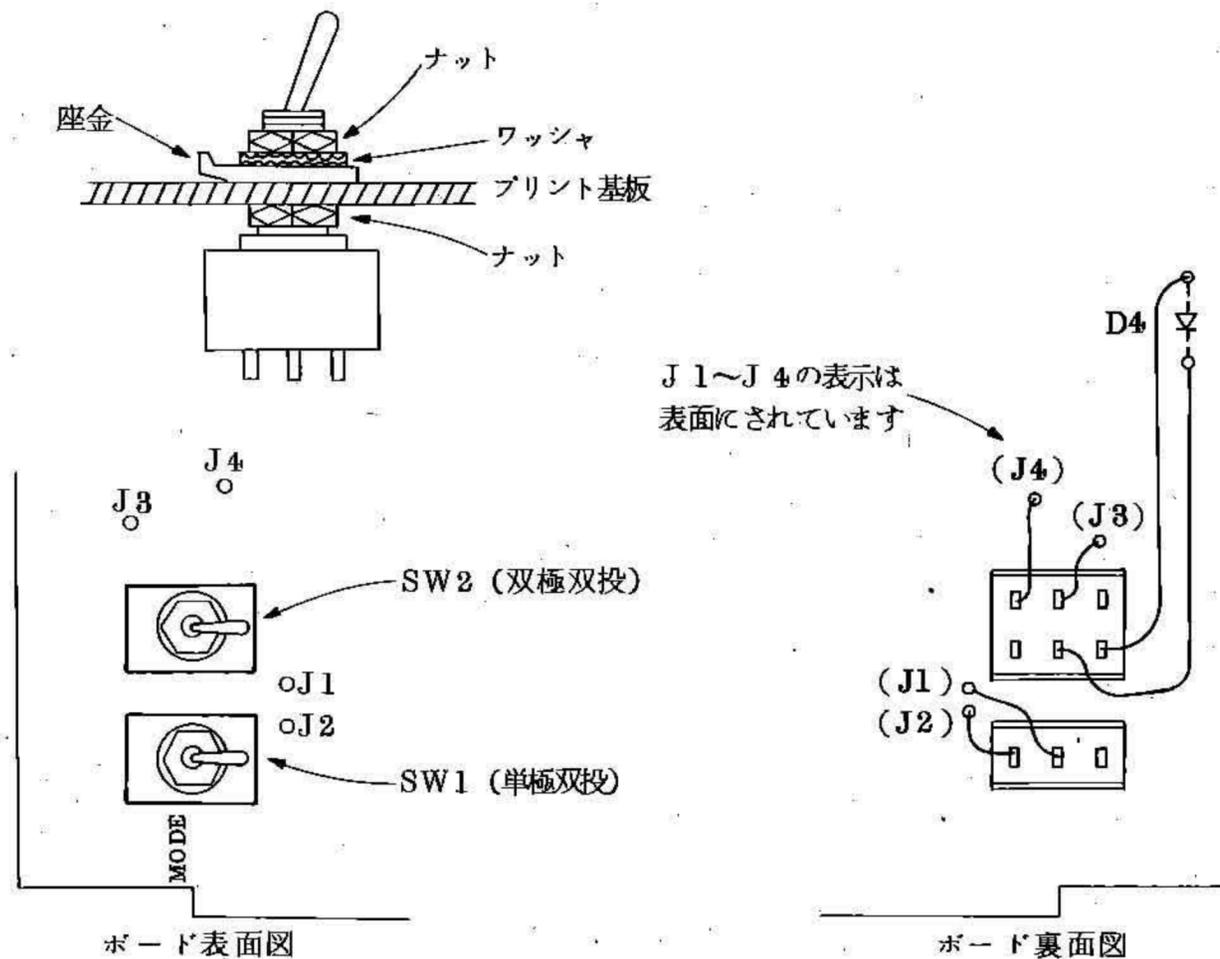
図2－8　トグル・スイッチの取り付け

2. 5. 11 キー・スイッチの取り付けおよび配線

表2－12　キー・スイッチおよび取り付け用部品

品　　名	個　数	規　　格
キー・スイッチ	25	メカニカル接点型
アルミ・ボード	1	キー取付け板
文字シール	1	キー用文字
スズメッキ線	2 m	共通ライン配線用
ビニル線	1 m	キー←→プリント・ボード配線用
エンパイア・チューブ	1 m	メッキ線用カバー

(1) キー・スイッチの取り付け

キー・スイッチは25個あります．キーは1個ずつの独立型ですので，取付け用アルミ・ボボードに取り付けて使用します．キーの文字は付属の文字シールをはがし，キーの透明キャップをはずして貼り付けてください．

キー・スイッチの取り付けは，写真2－2，図2－9，図2－10を参照して行ってください．

> 各キーの端子の方向は，図2－9の裏面配置図に従って配置すると配線が楽です．
> 文字シールは配線を行う前に貼りつけてください（キーが並んでしまうとキャップが取りはずせなくなります）．

キーの並べ方はこの通りにしてください（上より見た図）．

写真2－2　キー配置

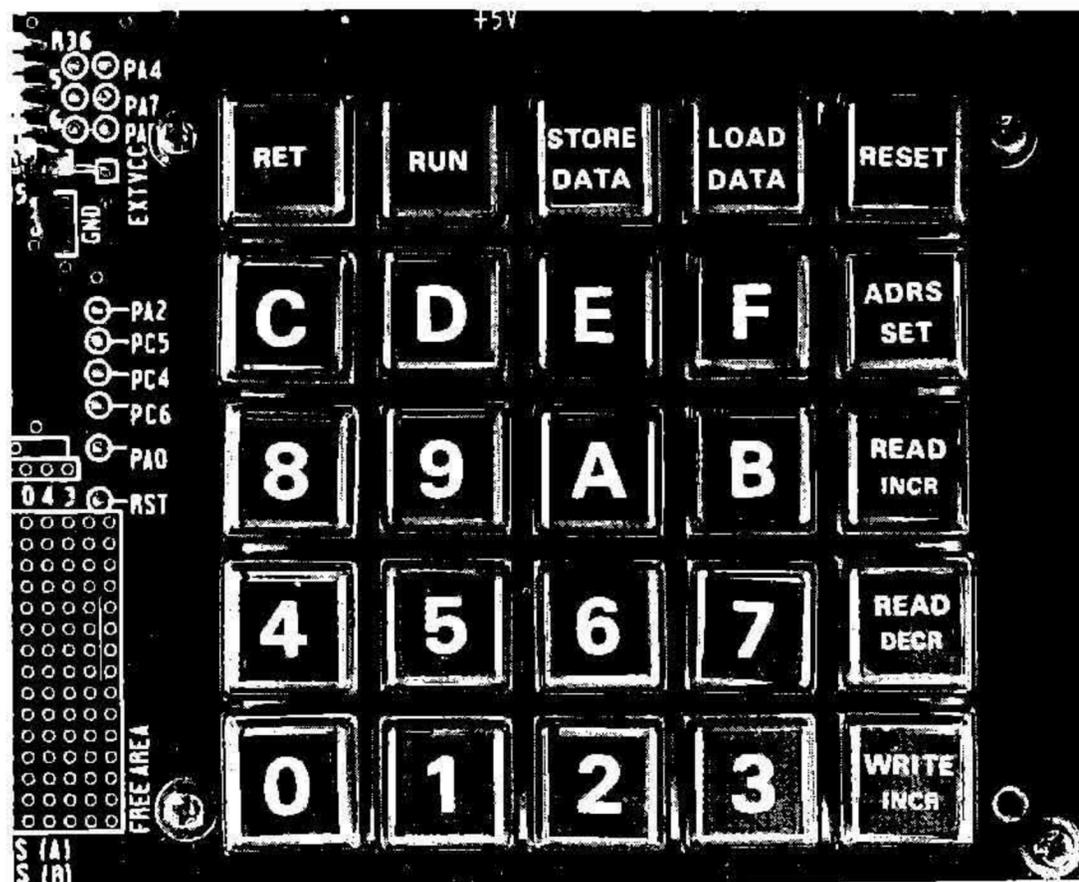



図２－９　キー配置図（裏面）

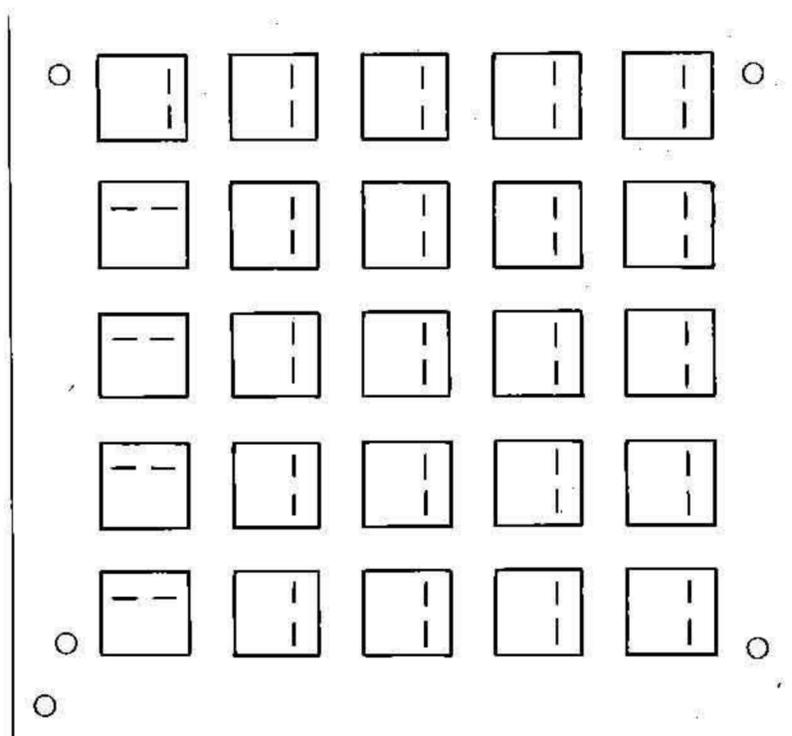
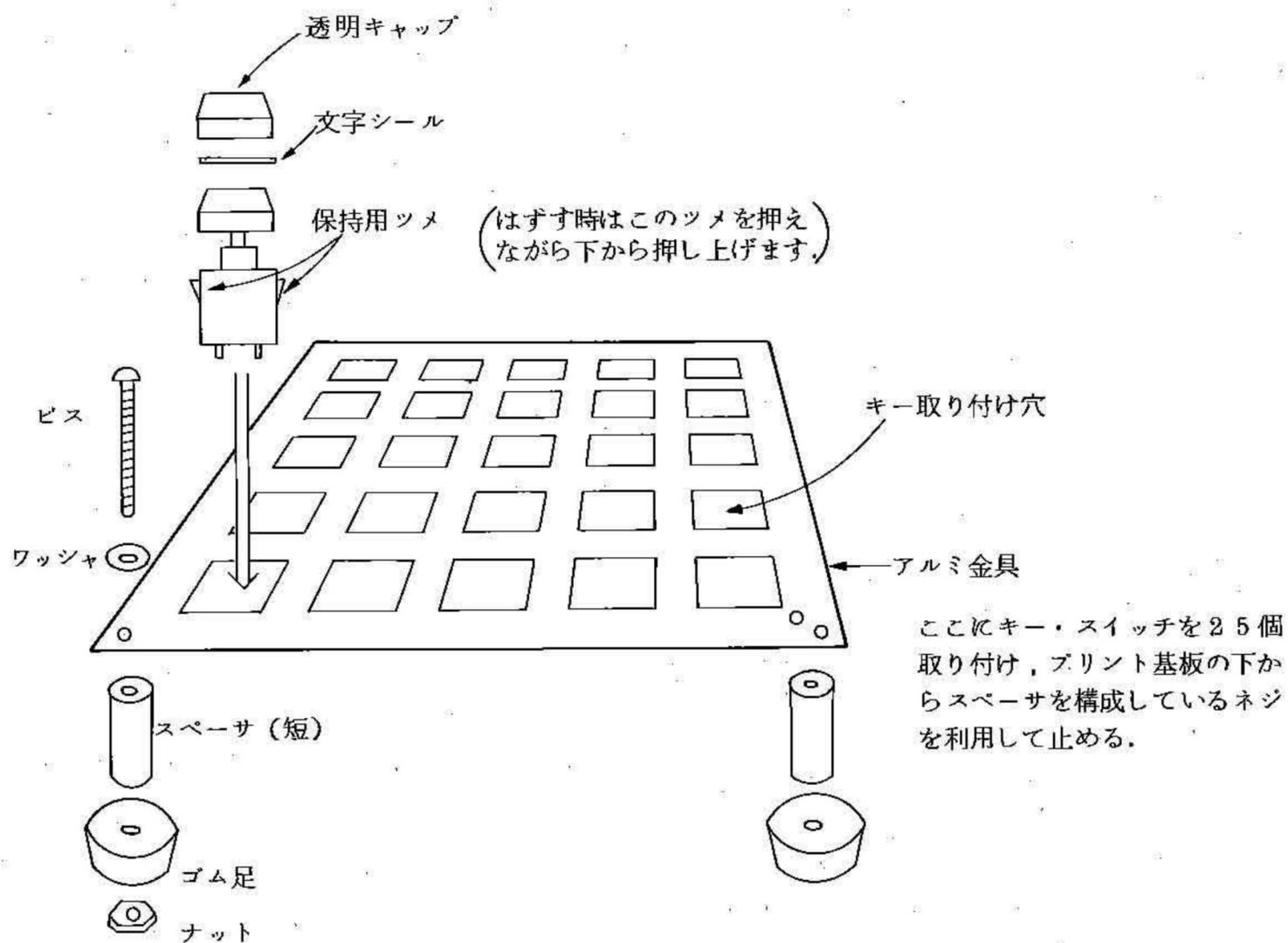



図２－１０　キーの取り付け方法

(2) キー・スイッチの配線

キーの配線はキットに含まれるスズメッキ線とビニル線を使用し，図２－１１および図２－１２に従って行います.

メッキ線の交叉する箇所にはエンパイア・チューブをかぶせてください.

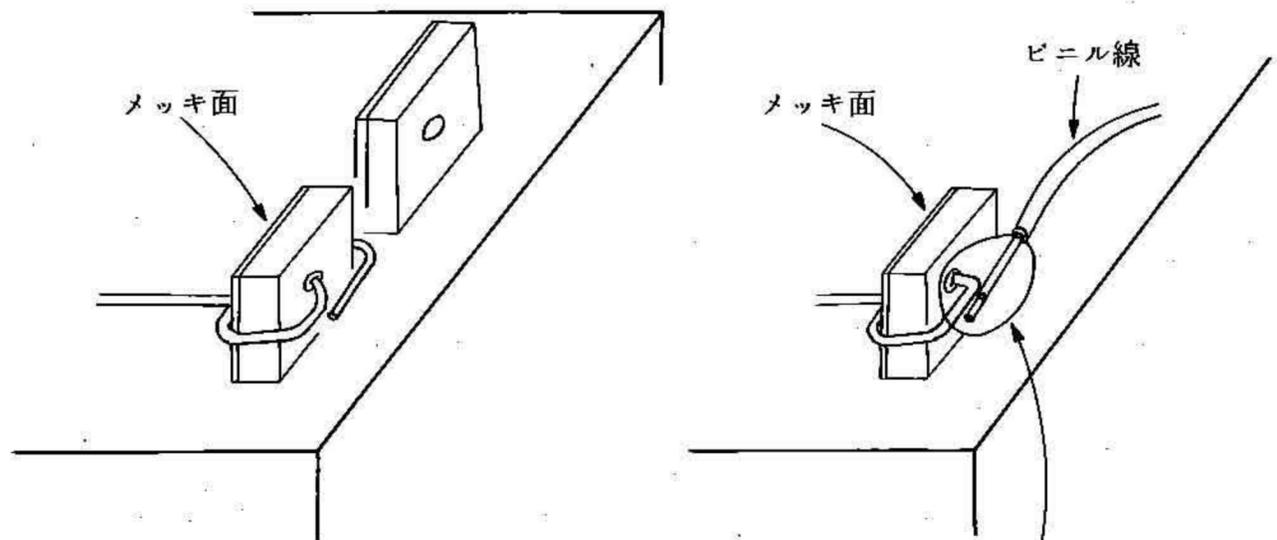
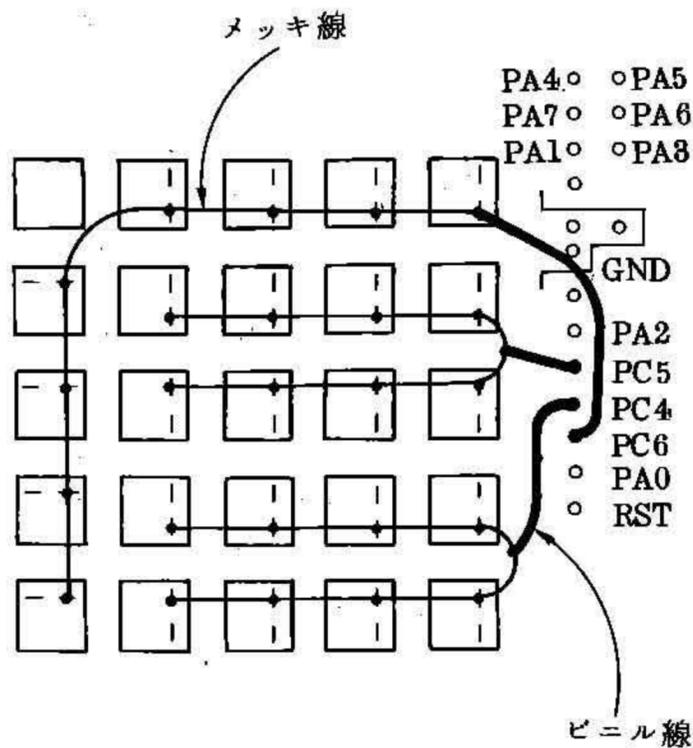
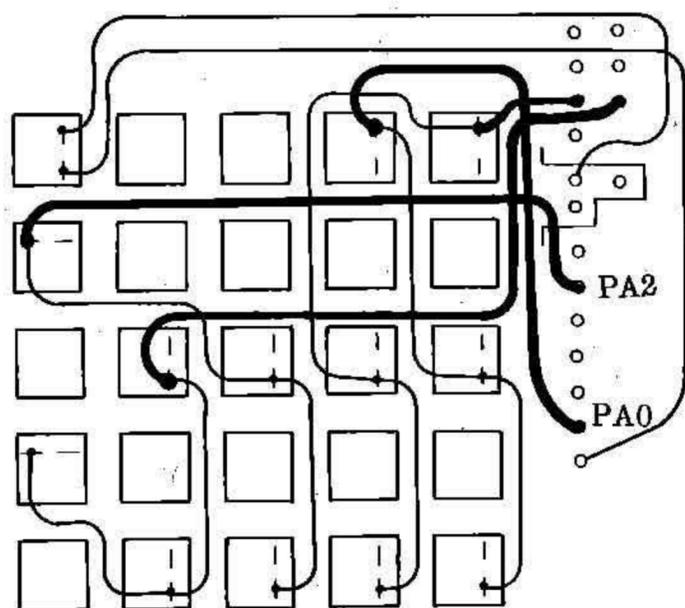
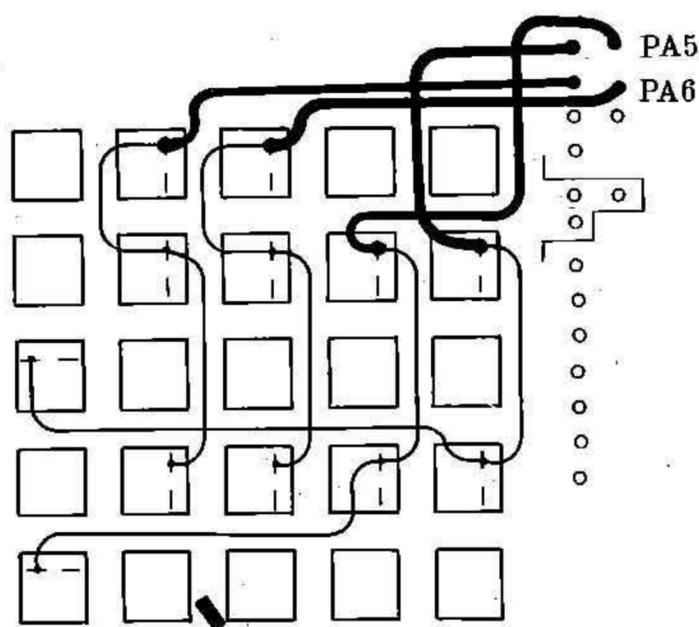
図２－１１　キー・スイッチの端子配線

メッキ面の引張りに対する強度はそれ程大きくありませんので，メッキ面に直接引き出し線をハンダ付けすることは避けてください.

図２－１２　キー・スイッチの配線（裏面）

①裏面より見てキーの端子の並びを図のようにする.

②メッキ線の共通ライン（それぞれ８個の端子を通る）を端子の穴を貫いてつくる.

③３本の共通ラインをそれぞれＰＣ４，ＰＣ５，ＰＣ６へビニル線で接続する.

④同様に共通ラインを4本のメッキ線でつくる．

⑤その先端をそれぞれPA0，PA1，PA2，PA3へビニル線で接続する．

⑥RESETキーの2本はそれぞれメッキ線（チューブをかぶせる）でRST，GNDへ接続する．

⑦更に4本の共通ラインをメッキ線でつくる．

⑧その先端をそれぞれPA4，PA5，PA6，PA7へビニル線で接続する．

2.6　検査

ハンダ付け作業が完了すると，ICソケットにICを取り付ける前に配線の状態を目視で検査します．

特に注意すべき点は，“ハンダくず”や“ハンダ糸”によるパターン間のショートです．パターンの間隔は狭いので肉眼では見落とす恐れがあります．このような場合，拡大鏡があると便利です．

また，半導体部品を実装した後での検査では，導通試験器（例えば直接ブザーを鳴らすタイプ）の使用は避けてください．テスタを使用することをおすすめします．

2.7　ICソケットへのICの実装

MOS　ICは，静電気による異常な高圧が入力端子（ゲート）に加わりますと，破壊する恐れがありますので，注意して取り扱ってください．

静電破壊に対する対策の基本には次の3つが上げられます．

(1)　静電気を発生させないこと

(2)　発生した静電気は逃がしてやること

(3)　ＩＣと接触する物体はあらかじめ同電位にしておくこと

(1)のためには静電気を発生しやすいものを身の回りに置かないことと，机の上をあらかじめ濡れ雑巾で拭いて置くと効果があります．(2)(3)のルールを守る簡単な方法は手で触れることです．例えばＩＣをソケットに挿入する前に，ＩＣとソケットの両方を手で触って置けば同電位になります．

ただし，人体自身が帯電しているとかえって悪影響をおよぼしますので，アースに対して少しでもリークしやすい物に触れてから行ってください．ジュータンの上をスリッパで歩いた後は，特にこの点に注意してください．

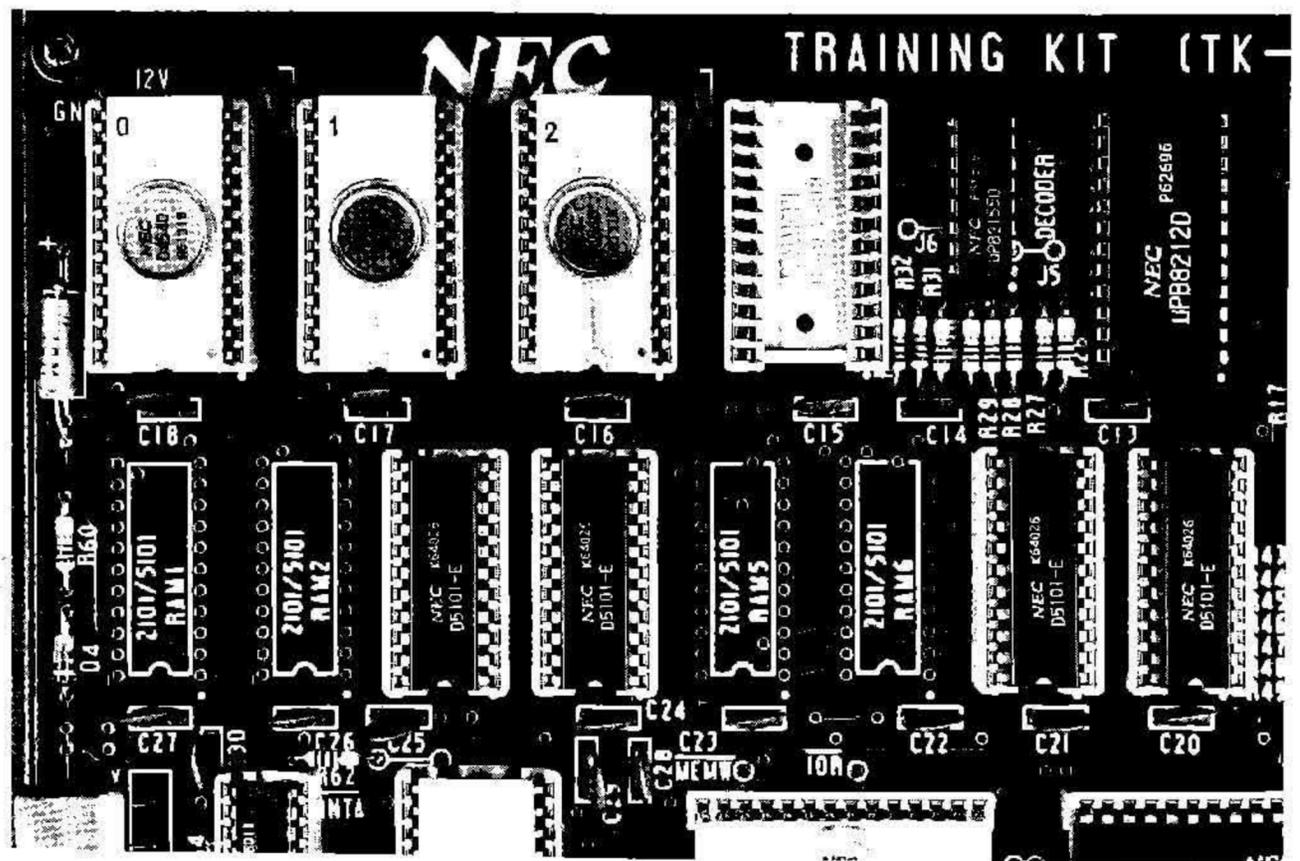
パックからMOS IC を抜き取る時は，必ずアルミ・シートに手で触れてからにしてください． またソケットに挿入する場合も，その前にソケットの足に手で触れてください． ソケットからMOS ICを抜いて他の場所へ置く場合には，置く場所（例えば銀紙の上）にまず手を触れてください．

静電気に対して万全を期したい方は，台所に行ってください．多分そこにはステンレスの流し台があると思います．

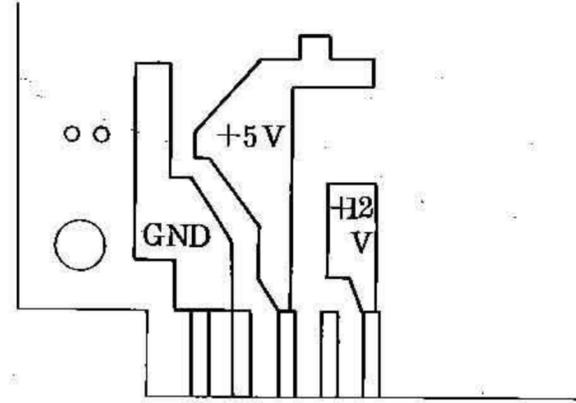
（MOS ICの入力ゲートには過電圧に対する保護回路が入っていますので，一般的な注意事項を守っていれば普通は大丈夫ですが，上記の注意事項はいつも憶えておいてください．）

上記の点を考慮しながら，指定されたソケットへそれぞれのＩＣを挿入してください．ＩＣの方向はプリント基板に表示されていた通りの方向です．ＩＣを挿入する場合には，少し差し込んだ状態で全てのピンが無理なく挿入されつつあることを確認してから押し込んでください．

PROM（454）3個には品名とは別に，0，1，2のマークが付けてありますので，それぞれPROM1，PROM2，PROM3の位置に取り付けてください．このPROMには基本的な動作を制御するモニタ・プログラムが分割して入っているため，正常な位置でないと動作しませんので注意してください．

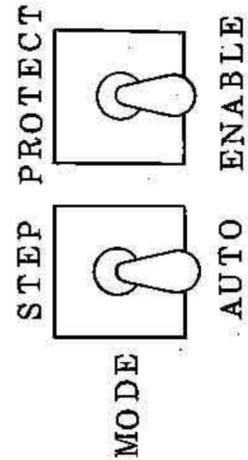
写真２－３　PROM，RAMの実装

2.8　電源の取り付け

電源は外部から供給します.（1.5　電源に関する注意事項を参照して下さい）. プリント基板のGND,+5V,+12V用のハンダ付けエリアから直接リード線を引き出すか，または付属のプリント基板用コネクタの該当する端子を利用して供給します.
端子配列は付図Ⅰを参照して下さい.

必要な電源		
+5V	±5%	0.9A以上
+12V	±5%	150mA以上

重要	電源は+5V→+12Vの順に投入してください（同時であれば可）. 電源切断は逆に+12V→+5Vの順に行ってください（同時であれば可）.

2.9 動作の確認

トグル・スイッチ2個はそれぞれENABLE，AUTO側に倒しておきます．電源投入後，RESETキーを押して離せば，8桁のLEDは全桁ゼロを表示します．LEDが点灯しないか，でたらめな値しか表示しない場合は，部品取り付けの再点検が必要です．

（スイッチの状態）

基本的な動作チェックを下に示す通りのキー操作で確認してください．LEDの表示の変化も示しておきます（××印は無視してください）．

キー入力操作	LEDの表示	
RESET	0000	0000
8 2 0 0	0000	8200
ADRS SET	8200	00××
3 E WRITE INCR	8201	3E××
0 0 WRITE INCR	8202	00××
3 C WRITE INCR	8203	3C××
C 3 WRITE INCR	8204	C3××
0 2 WRITE INCR	8205	02××
8 2 WRITE INCR	8206	82××
READ DECR	8205	××82

ここでMOD切換用トグル・スイッチをSTEP側に倒し，続けてキーを押していきます．

上記キー操作に従って，表示が正しく変化すれば，あなたの組み立てたキットはほぼ完全に動作しております．

2.10 トラブル対策

確認の結果，正常に動作していない場合には，次の点に注意してもう一度部品の取り付けに誤りがないかをチェックしてください．

(1) ICは正しい位置に正しい方向で取り付けられているか

(2) 抵抗，コンデンサも正しく取り付けられているか

(3) ハンダでショートしている箇所がないか

LED表示が全然なされない場合には，すぐに電源を切って電源系統に異常がないかを調べてくだ

さい．1桁だけしか表示していない場合は，ICタイマ（555）とカウンタ（223）の回りをよく調べてください．

全桁表示はするがキー入力を行ってもその数値が表示されない場合は，CPUが正常に動作していないことが考えられます．

この時トランジスタラジオを近づけますと，正常に動作していれば雑音が入り，キーを押した状態と離した状態では音色が異なるのがわかります．

図2－13　LSI，ICピン配列一覧表

μPD8080A

セントラル・プロセッサ・ユニット

μPD8255

プログラマブル周辺インタフェース

信号	ピン	ピン	信号
PA_3	1	40	PA_4
PA_2	2	39	PA_5
PA_1	3	38	PA_6
PA_0	4	37	PA_7
$\overline{RD}$	5	36	$\overline{WR}$
$\overline{CS}$	6	35	RESET
GND	7	34	D_0
A_1	8	33	D_1
A_0	9	32	D_2
PC_7	10	31	D_3
PC_6	11	30	D_4
PC_5	12	29	D_5
PC_4	13	28	D_6
PC_0	14	27	D_7
PC_1	15	26	Vcc(+5V)
PC_2	16	25	PB_7
PC_3	17	24	PB_6
PB_0	18	23	PB_5
PB_1	19	22	PB_4
PB_2	20	21	PB_3

μPB8228

システムコントローラ・バストライバ

信号	ピン	ピン	信号
$\overline{STSTB}$	1	28	Vcc(+5V)
HLDA	2	27	$\overline{I/OW}$
$\overline{WR}$	3	26	$\overline{MEMW}$
DBIN	4	25	$\overline{I/OR}$
DB_4	5	24	$\overline{MEMR}$
D_4	6	23	$\overline{INTA}$
DB_7	7	22	$\overline{BUSEN}$
D_7	8	21	D_6
DB_3	9	20	DB_6
D_3	10	19	D_5
DB_2	11	18	DB_5
D_2	12	17	D_1
DB_0	13	16	DB_1
GND	14	15	D_0

μPB8224

クロックジェネレータ・ドライバ

Pin	Name	Pin	Name
1	RESET	16	Vcc(+5V)
2	$\overline{RESIN}$	15	XTAL1
3	RDYIN	14	XTAL2
4	READY	13	TANK
5	SYNC	12	OSC
6	ϕ_2(TTL)	11	ϕ_1
7	$\overline{STSTB}$	10	ϕ_2
8	GND	9	V_{DD}(+12V)

μPB8212

8ビットI／Oポート

Pin	Name	Pin	Name
1	$\overline{DS_1}$	24	Vcc
2	MD	23	$\overline{INT}$
3	DI_1	22	DI_8
4	DO_1	21	DO_8
5	DI_2	20	DI_7
6	DO_2	19	DO_7
7	DI_3	18	DI_6
8	DO_3	17	DO_6
9	DI_4	16	DI_5
10	DO_4	15	DO_5
11	STB	14	$\overline{CLR}$
12	GND	13	DS_2

μPD5101

1024ビット・スタティックRAM

Pin	Name	Pin	Name
1	A_3	22	Vcc(+5V)
2	A_2	21	A_4
3	A_1	20	R/W
4	A_0	19	$\overline{CE1}$
5	A_5	18	OD
6	A_6	17	CE2
7	A_7	16	DO_4
8	GND	15	DI_4
9	DI_1	14	DO_3
10	DO_1	13	DI_3
11	DI_2	12	DO_2

μPD454

2048ビット EE PROM

Pin	Name	Pin	Name
1	$\overline{CS}$	24	Vcc
2	A_0	23	D_0
3	A_1	22	D_1
4	A_2	21	D_2
5	A_3	20	D_3
6	A_4	19	D_4
7	A_5	18	D_5
8	A_6	17	D_6
9	A_7	16	D_7
10	P_G	15	V_{CG}
11	V_{CL}	14	V_{DD}
12	V_{BB}	13	V_{SS}

μPB201C/D(7400)
Vcc B4 A4 Y4 B3 A3 Y3
A1 B1 Y1 A2 B2 Y2 GND
μPB202C/D(7410)
Vcc A1 Y1 C3 B3 A3 Y3
B1 C1 A2 B2 C2 Y2 GND
μPB214C/D(7474)
Vcc CLEAR2 D2 CLOCK2 PRESET2 Q2 Q2
CLEAR D Q CLOCK Q PRESET
PRESET CLOCK Q D Q CLEAR
CREAR1 D1 CLOCK1 PRESET1 Q1 Q1 GND
μPB215C/D(7401)
Vcc Y4 B4 A4 Y3 B3 A3
Y1 A1 B1 Y2 A2 B2 GND
μPB223C/D(7493A)
INPUT A NC A D GND B C
A B C D
INPUT A B
RORO (1) (2)
B INPUT RO(1) RO(2) NC Vcc NC NC
μPB238D(7438)
Vcc B4 A4 Y4 B3 A3 Y3
A1 B1 Y1 A2 B2 Y2 GND
μPB2155D(74155)
DATA STROBE A
Vcc 2C 2G SELECT 2Y3 2Y2 2Y1 2Y0
2C 2G A 2Y3 2Y2 2Y1
1C 2Y0
1G B 1Y3 1Y2 1Y1 1Y0
DATA 1C STROBE 1G B SELECT 1Y3 1Y2 1Y1 1Y0 GND
SN74LSO4
Vcc 6A 6Y 5A 5Y 4A 4Y
1A 1Y 2A 2Y 3A 3Y GND
NE/SE555
Ground Trigger Out put Reset
Vcc Discharge Threshold Control Voltage

第3章　モニタプログラムとその操作方法

3.1　概　要

どんなコンピュータでもプログラムなしには，何も仕事をすることができません．そのプログラムはメモリに書かれますので，コンピュータにはプログラムを"メモリに書く"とか，"メモリの内容を調べる"といった基本的な機能が必要となります．

さらに，プログラムがメモリに書き込まれても，そのプログラムが正しく，思った通りに動作してくれるかどうかチェックするための手段も必要です．このような機能は，複雑なハードウェアを備えれば実現できますが，ＴＫ－８０では，この基本的な処理の大部分をプログラムでソフトウェア的に実現しています．

このプログラムはモニタプログラムと呼ばれ，EEPROM(μPD454)に書き込まれた形で，キット部品の中に含まれております．（ソフトウェアが"部品"と同じようにＬＳＩの形で届けられるわけで，こういう所がマイクロコンピュータの便利な所です）．

3.2　基本的な操作方法

モニタの詳しい説明は後回しにして，早くこのコンピュータにプログラムを入力できるようにしたい方は，この項を読んでください．

(1)　電源の投入

電源は＋５Ｖを先に，＋１２Ｖを後で投入します．順序をつけにくいときは，＋５Ｖ,+12Vを同時に投入してください．

(2)　電源を同時に投入した場合

電源を同時に投入した場合には，自動リセット回路（パワー・オン・リセット）が働いて，コンピュータにリセットがかかりますが，電源投入後は，一応 RESET キーにより，コンピュータにリセットをかけてから操作に移るくせをつけましょう．

(3)　順序をつけて投入した場合

＋１２Ｖを遅らせて投入した場合には，自動リセットは働きませんので，必ず RESET キーを押してください．

(4)　モニタ・プログラム・スタート

リセットがかけられると，このコンピュータのモニタプログラムが動作をはじめ，ＬＥＤ表示部のすべての桁に"０"が表示されます．

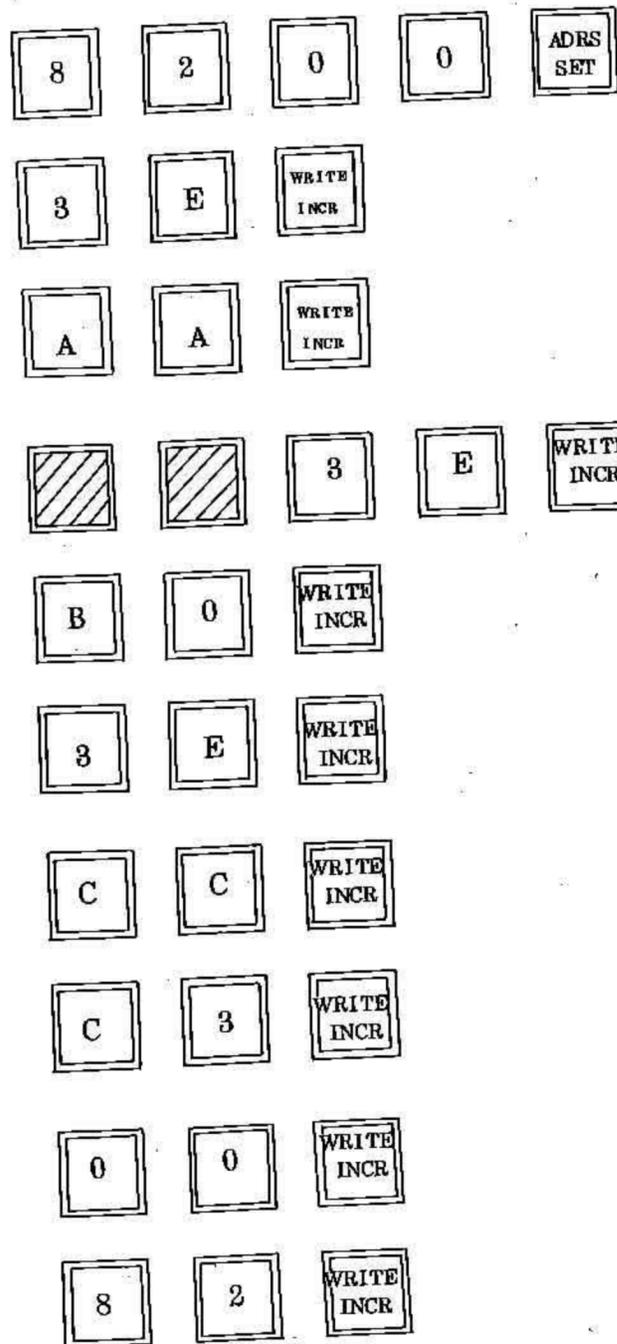
それでは次に簡単なプログラミングの例を示しますので，指示通りにキー操作を行ってください．一通り操作方法がマスターできます．

3.3　基本的なプログラミング操作例

(1)　８２００番地からプログラムを書いていきます（この通りの値をプログラムしていってください）.

[8] [2] [0] [0] [ADRS SET]

[3] [E] [WRITE INCR]

[A] [A] [WRITE INCR]

[▨] [▨] [3] [E] [WRITE INCR]　←　間違ったデータは無視して，続けて入力してください．最後の２桁だけが有効です．

[B] [0] [WRITE INCR]

[3] [E] [WRITE INCR]

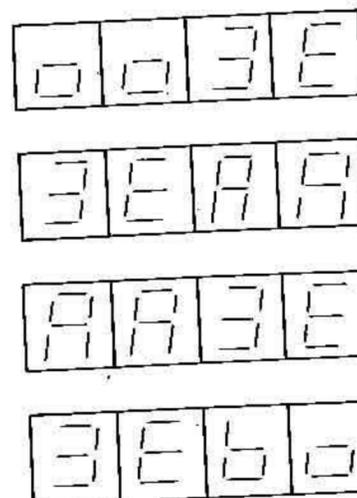
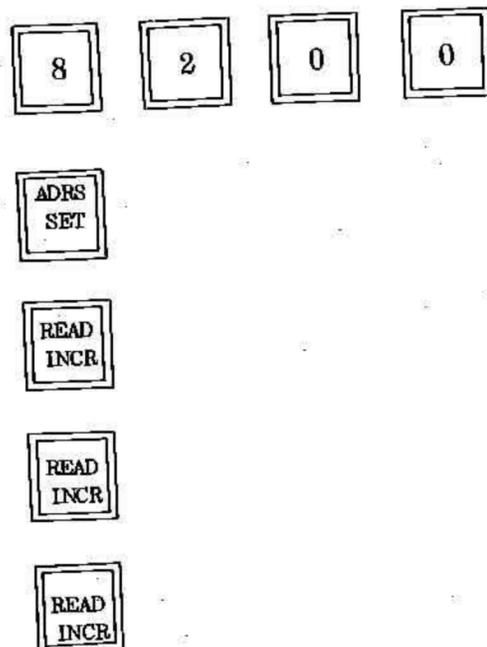
[C] [C] [WRITE INCR]

[C] [3] [WRITE INCR]

[0] [0] [WRITE INCR]

[8] [2] [WRITE INCR]

```
8200 MVI  A,0AAH
     MVI  A,0BBH
     MVI  A,0CCH
     JMP  8200H
```

(2)　８２００番地から書かれた内容をチェック

キー操作	データ部の表示	
[8] [2] [0] [0]		
[ADRS SET]	003E	
[READ INCR]	3EAA	OK
[READ INCR]	AA3E	OK
[READ INCR]	3Eb0	← 間違っていたので "BB" に直したい

キー	表示	
B B WRITE INCR	3 E b b	このときはアドレスはすでにセットされていますので，正しいデータ2桁と書き込みキーを押すだけで，データは変更されます．
READ INCR	b b 3 E	OK
READ INCR	3 E C C	
READ INCR	C C C 3	
READ INCR	C 3 o o	
READ INCR	o o 8 2	

(3)　８２００番地からこの命令を１ステップ（１命令ずつ）実行します．

8　2　0　0　ADRS SET

モードスイッチをＳＴＥＰ側にしておきます．

キー入力	アドレス部	データ部の上位２桁	
RUN	8 2 o 2	A A	…………実はアキュムレータの値です．
RET	8 2 o 4	b b	
RET	8 2 o 6	C C	
RET	8 2 o o	C C	
RET	8 2 o 2	A A	
RET	8 2 o 4	b b	

８２００～８２０６番地を繰り返し実行し，データ部の表示はAA，BB，CCのように変化していきます．

(4) このプログラムをＡＵＴＯで実行させてみます．

[8] [2] [0] [0] [ADRS SET]

モードスイッチをＡＵＴＯ側にしておきます．

[RUN]

これでプログラムはループを繰り返し実行していますが，外から見ているだけでは，本当に実行しているかどうかわかりません．

(5) ループをＮ回実行するまではＡＵＴＯで，それ以後はステップ動作をさせてみます（8202番地を１００回通過したら，ステップ動作に入ることにします）．

ブレークアドレスとブレーク回数がセットされました．

８３Ｆ０：アドレス下位２桁
８３Ｆ１：アドレス上位２桁
８３Ｆ２：回数（最大２５６）

ここでモードスイッチをＳＴＥＰにします．

[8] [2] [0] [0] [ADRS SET]

[RUN]

プログラムはあっという間に１００回実行されて
アドレスは８２０４
データはＢＢ××
が表示されてストップします．
この先ステップ動作が可能です．

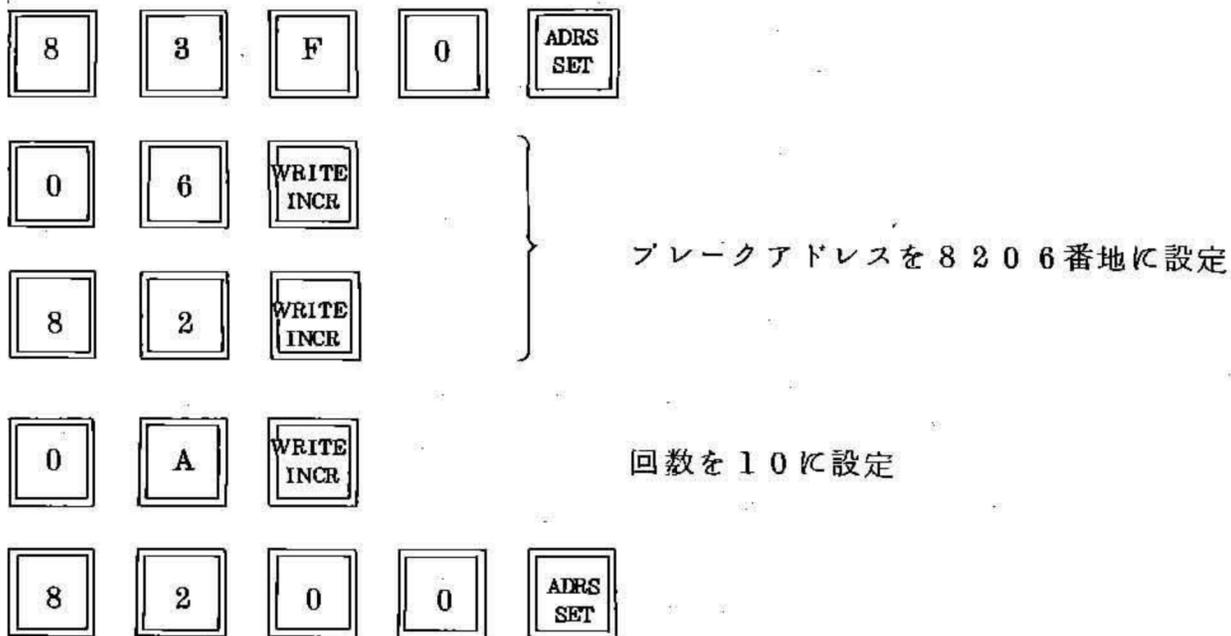
[RET]

[RET]

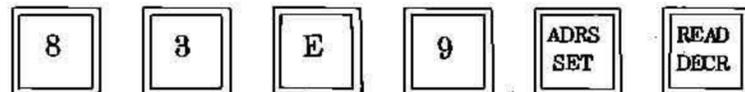
(6) ステップ動作でCPU内部のレジスタの動きをチェックします.

```
8200   MVI  B,0      0600
       MVI  C,0      0E00
       INR  B        04
       DCR  C        0D
       JMP  8204H    C30482
```

まず,このプログラムを8200番地から書いてください.

今度は10回繰り返し実行してから,ステップ動作に入るものとします.

モードスイッチをSTEP側にしておきます.

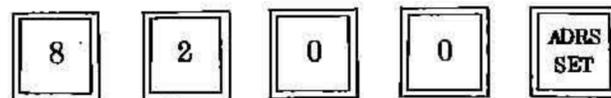
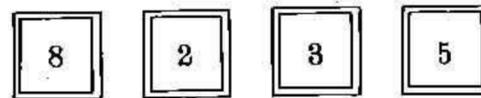
RUN　10回実行されて止まります.この時のBレジスタ,Cレジスタの値を調べてみます.

Bレジスタ,Cレジスタの内容は,それぞれ83E9,83E8番地に格納されていますので,この番地を読み出します.

データ表示部には,OAF6が表示されます.OAがBレジスタの値,F6がCレジスタの値です.B.Cレジスタだけでなく,CPUチップの中のすべてのレジスタはこのようにして調べることができます(詳しくは3.4.7レジスタの表示の項を参照してください).

さらに続けて1ステップずつ実行させるには,RETキーを押します.1ステップ実行させるたびに,新しいレジスタの内容が前に調べた番地に更新されて書かれますので,もう一度同じようにアドレスをセットして,その番地を読み出せば,1ステップずつのレジスタの動きを調べることができます.

(7) 完成したプログラムをカセットテープにファイルします.

カセットテープとTK－80のインタフェースは第6章を参照してください.

8200番地から8235番地までをひとまとめにしてファイルするものとします.

ここでテープレコーダの録音を開始しますと，ピーという連続した音が書き込まれます．VU メーターが適当な録音レベルを指示していることを確めてください．

STORE DATA キーを押すと，書き込みを開始します．

書き込み中はＬＥＤ表示が消えるようになっており，終了しますと再び表示されます．

書き込みが不安な場合は，もう一度 STORE DATA キーを押せば，同じデータの書き込みが行われます．

(8) テープよりメモリへデータをロードします．

テープにファイルしたプログラムには，格納されるべき番地も書かれていますので，番地を指定する必要はありません．テープを再生状態にすると，ピーという連続音の入っている部分がデータより前に現われますので，LOAD DATA キーを押します．

データを読み取っている間は，ＬＥＤの表示は消えますが最後のデータであるサムチェック・データを読み取り，エラーがなければ，データのスタートアドレスとエンドアドレスがそれぞれアドレス表示部とデータ表示部に現われます．

エラーがあった場合には，

Ｅ．．．．．．

が表示されますので，もう一度読み込ませてください．

プログラムのスタート番地と読み込みデータのスタート番地が一致している場合には RUN キーを押せばすぐこのプログラムは走り出します．

読み込みエラーが続発するような場合には，テープへの録音レベルかテープの再生レベルが不適当な状態にあると思われますので，各レベルを調整した上でストア，ロードを行ってください．

これまでの操作ができれば，あなたはほぼ自由にプログラムを組んだり，デバグを行うことができます．

さらに深くモニタプログラムの機能を習得したい方は，第４章を学んでください．それよりも早くこのコンピュータに何かをやらせてみたい方は，別冊として用意されている．

“ＴＫ－８０応用プログラム”を参考にして，実際にプログラムを入力してください．

３.４　プログラミングに関する基本的な注意事項

基本構成では，ＲＡＭは５１２バイトが実装されており，そのロケーションは，

８２００～８３ＦＦ　（１６進表示）

です．そのうちモニタプログラムがワーキングエリアとして，

８３Ｃ７～８３ＦＦ　（１６進表示）

番地を使用していますので，ユーザがプログラムを書けるロケーションは，

8200～83C6　(16進表示)

番地です．さらにユーザプログラムの中でスタックを使う命令(PUSH，CALL等)が実行されると，スタックが83C6番地から若い番地に向ってのびてきますので，スタックの使い方注(1)をマスターするまでは，できるだけ若い番地からプログラムを書く(つまり高い方の番地でスタック領域が多少ふえてもプログラムに影響しないようにしておきます)ようにしてください．

注(1)　4．2　サブルーチンの考え方の項を参照してください．

3.5 バッテリによるメモリデータの保存

一般の半導体RAMは電源が切れると，データも消えてしまいます．しかし，TK－80で使用しているCMOS RAMは，スタンバイ時(リード／ライト動作を行っていない状態)の消費電力が非常に少ないので，バッテリーで長時間データを保存させることができます．TK－80の場合には，乾電池2本(1.5V×2)を直列接続してEXT Vccの端子につないでおいてください．

そしてシステムの電源を切るときには，まず RESET キーを押し，RAM PROTECT／ENABLEスイッチをPROTECT側に倒してから，電源を切ってください．そのまま乾電池が消耗してしまわないかぎり，データは保存されます．

電源を再び投入する場合には，先に電源を投入し，RESET キーを押しながらスイッチをENABLE側に切り変えれば，再びRAMは元のデータをもったまま，使用可能な状態になります．

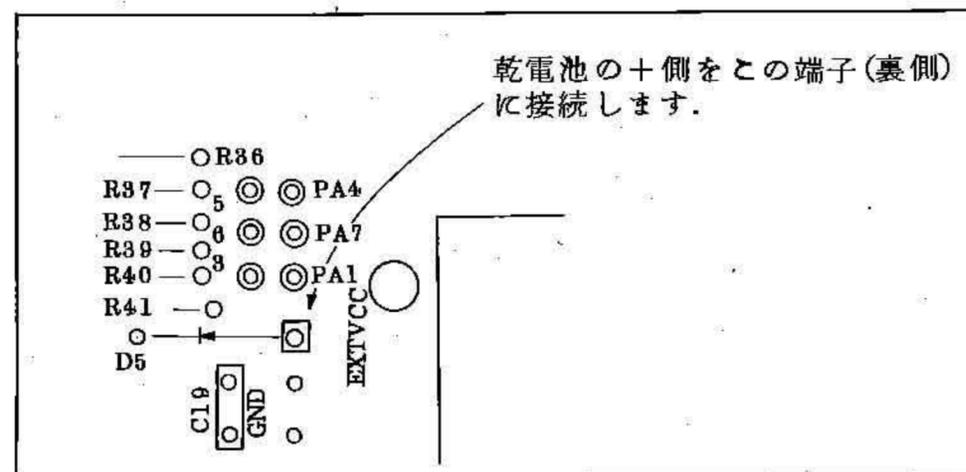



図3－1　モニタプログラムによる処理

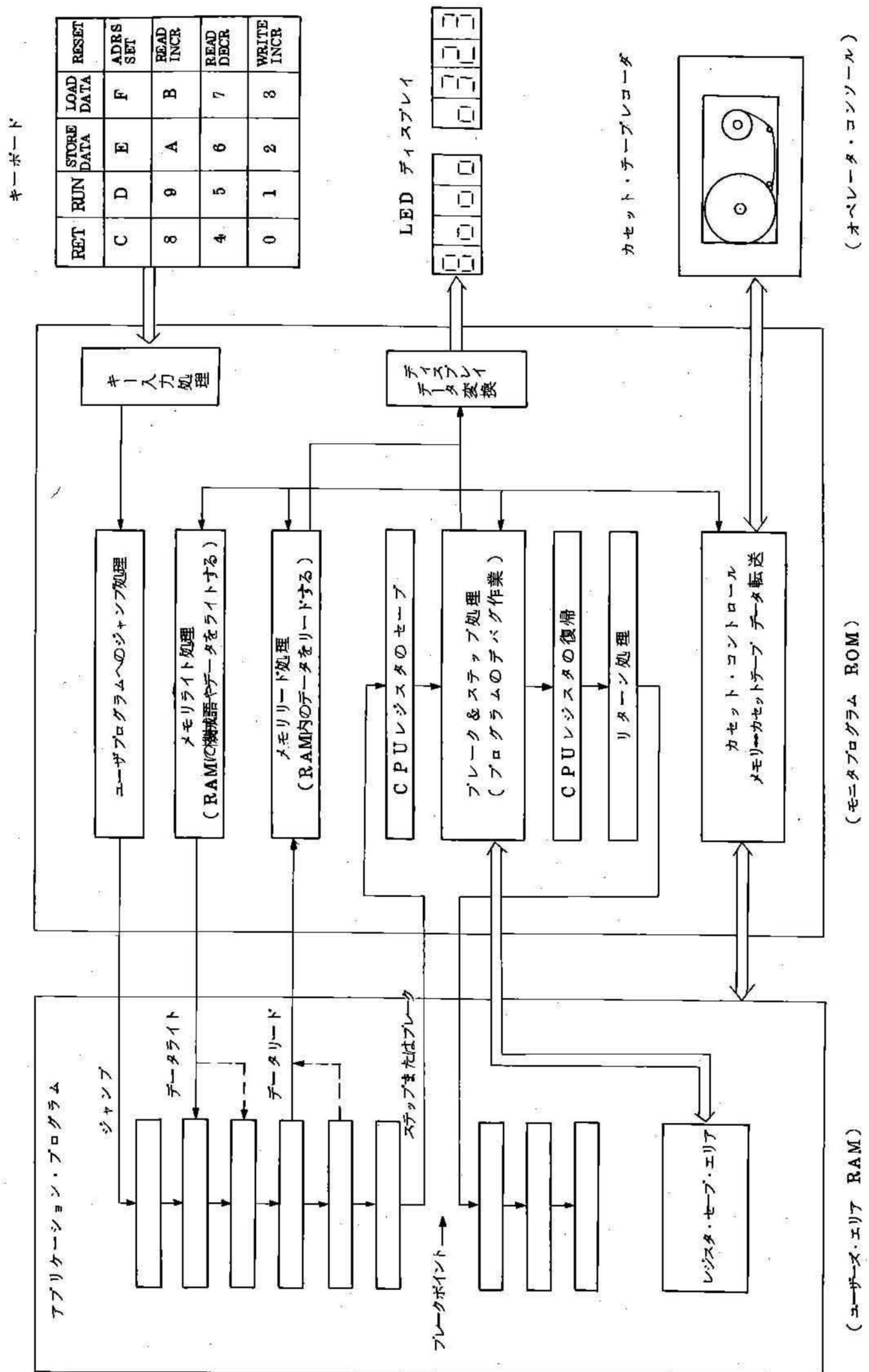
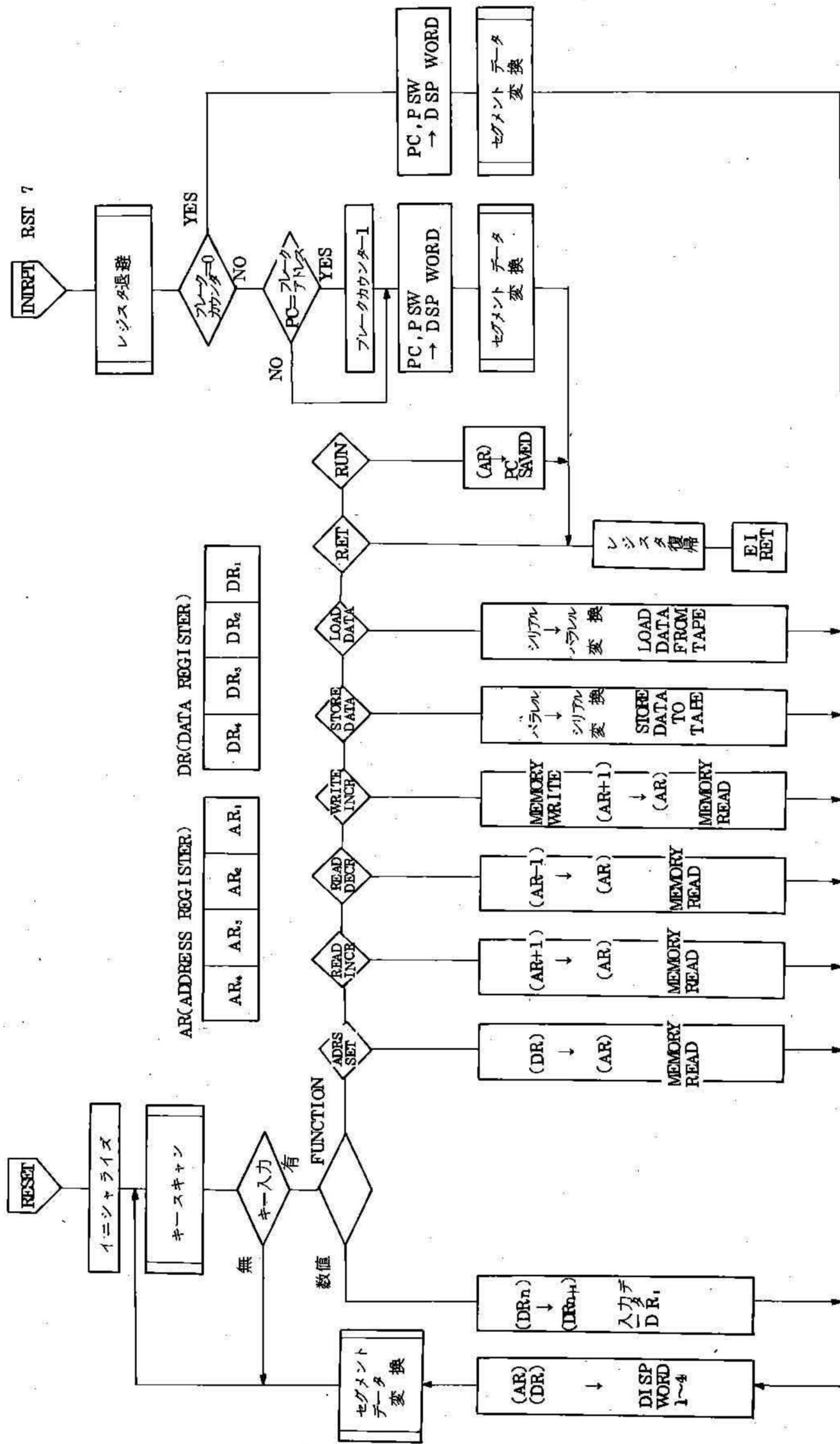



図3－2　モニタプログラムのフローチャート

3.6 モニタプログラムの詳細な説明

これまで説明した操作は，モニタプログラムの内部的な処理には一切触れませんでした．

ここでは，さらに高度な使い方をなさりたい方，もしくはモニタプログラムの中身を勉強されたい方のために，モニタプログラムを少し詳しく説明しておきます．

3.6.1 モニタプログラムのスタート

モニタは，RESETキーが押された時，あるいはCPUプログラムカウンタが"0"になるような命令(JMP　0，RST　0，CALL　0等)が，実行された時にスタートします．

3.6.2 モニタプログラム・スタート時の初期値設定

モニタのエントリーは次の二つがあります．

(1)　0番地スタート

モニタを0番地より，スタートさせるとモニタは，そのワーキングエリアの注(1)データレジスタ，注(2)アドレスレジスタ，注(3)ブレーク・アドレス・レジスタ，注(4)ブレークカウンタ，注(5)キーフラグ，注(6)ディスプレイ・レジスタを零クリアします．

次に，注(7)スタックポインタのセーブエリアに，最初のユーザスタックとなる番地"83C7"を書き込みその後，スタックポインタを，モニタ専用エリア"83D1"にセットします．

以上のイニシャライズが終了すると，零クリアされているディスプレイレジスタの内容を，LEDディスプレイに表示し，キー入力待ちの状態になります．

注(1)　データキーより入力されたデータおよびメモリよりリードされたデータが，セットされるソフトウェア上のレジスタ

(2)　モニタがメモリに対して処理を行う時に参照するレジスタで[ADRS SET]キーを押すことによって，データレジスタのデータをセットすることができます．

(3)　ブレーク番地をセットするレジスタ

(4)　ブレーク動作時に，ループ回数をセットするレジスタ

(5)　モニタがキーボードをセンスする時に参照されるフラグ

(6)　LEDディスプレイに表示するためのデータをセットするレジスタ

(7)　ステップおよびブレーク時にスタックポインタを退避させるためにとられているエリア

(2)　8番地スタート

モニタを8番地よりスタートさせると，上記のイニシャライズは行わず，スタックポインタを，モニタ専用エリア"83D1"にセットします．

次に，その時ディスプレイレジスタにセットされているデータを，LEDディスプレイに表示し，キー入力待ちの状態になります．

3.6.3 データのセット

モニタは，入力データ用に2ワードのデータレジスタをもっています．このレジスタは，4ビッ

ト構成でキーより入力された１６進数データを４桁まで，記憶しておくことができます．

データキー（ 0 ～ F ）が，押されるとデータレジスタは，１桁上位にシフトされ，入力されたデータはデータレジスタの最下位にセットされます．

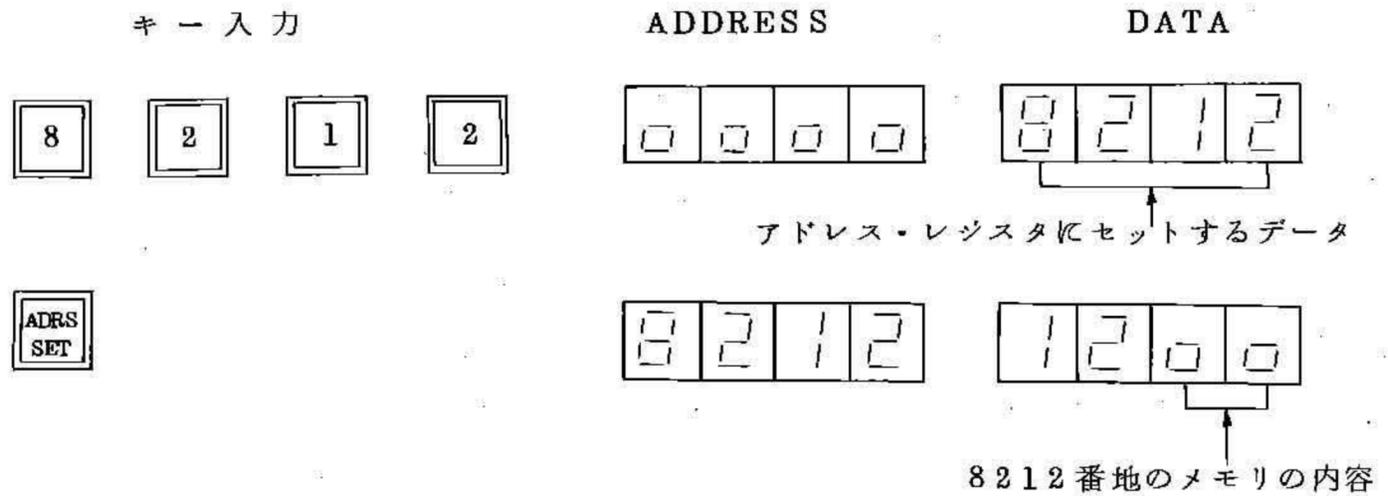
キー入力	ADDRESS	DATA
RESET	0000	0000
1	0000	0001
2	0000	0012

3．6．4 キーコマンド

ADRS SET	アドレス　セット
READ INCR	アドレス・インクリメント＆メモリリード
READ DECR	アドレス・ディクリメント＆メモリリード
WRITE INCR	メモリライト＆アドレス・インクリメント
RUN	RUN
RET	RETURN
LOAD DATA	ロード　データ
STORE DATA	ストア　データ

(1) **アドレスセット**

データレジスタにセットされたデータをアドレスレジスタにセットし，その番地のメモリの

内容をリードします．

データレジスタに，これから処理を行おうとするアドレスを，16進数4桁でセットし，ADRS SET キーを押すと，データレジスタにセットされたアドレスデータが，アドレスレジスタにセットされ，その番地のメモリの内容がリードされます．

この時データレジスタは，2桁上位にシフトされリードされたデータは，データレジスタの下位2桁にセットされます．

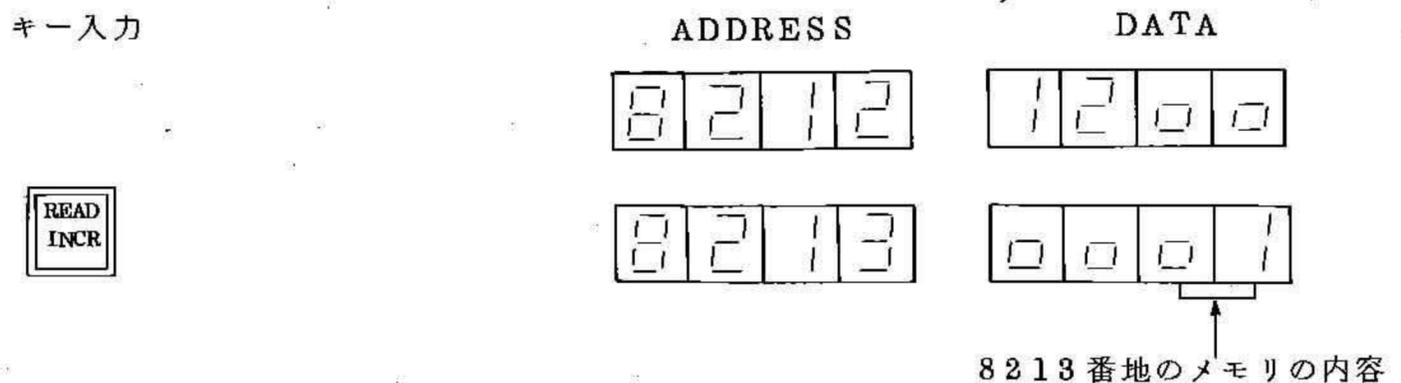
以上の処理が終了すると，データレジスタとアドレスレジスタの内容は，LEDディスプレイに表示されます．

(2) アドレス・インクリメント&メモリリード

アドレスレジスタの内容をインクリメントし，その番地のメモリの内容をリードします．

READ INCR キーが押されると，アドレスレジスタの内容をインクリメントし，さらに更新された番地のメモリの内容がリードされます．

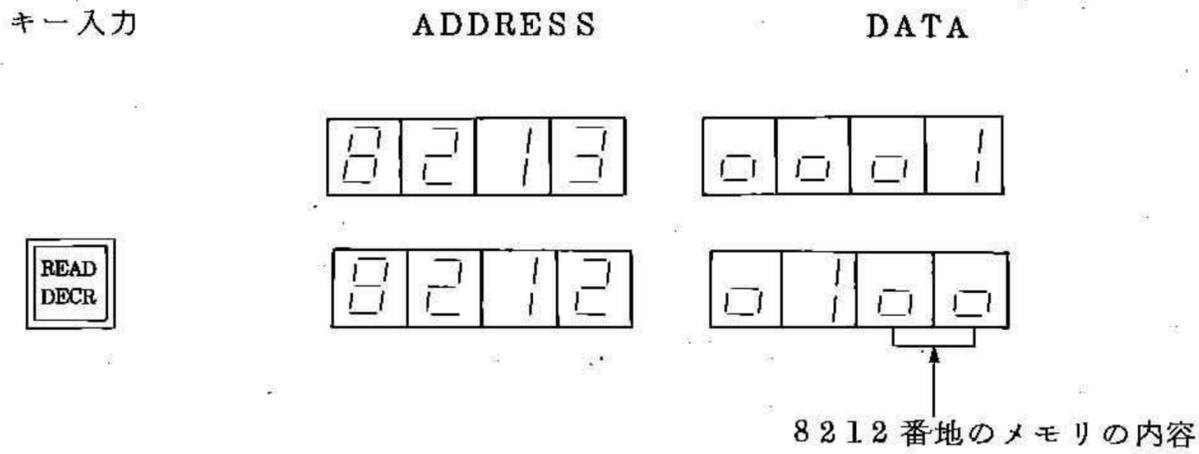
この時データレジスタは，2桁上位にシフトされリードされたデータは，データレジスタの下位2桁にセットされます．

以上の処理が終了すると，データレジスタとアドレスレジスタの内容は，LEDディスプレイに表示されます．

(3) アドレス・ディクリメント&メモリリード

アドレスレジスタの内容をディクリメントし，その番地のメモリの内容をリードします．

READ DECR キーが押されると，アドレスレジスタの内容をディクリメントし，さらに更新された番地のメモリの内容がリードされます．

この時データレジスタは，2桁上位にシフトされリードされたデータは，データレジスタの下位2桁にセットされます．

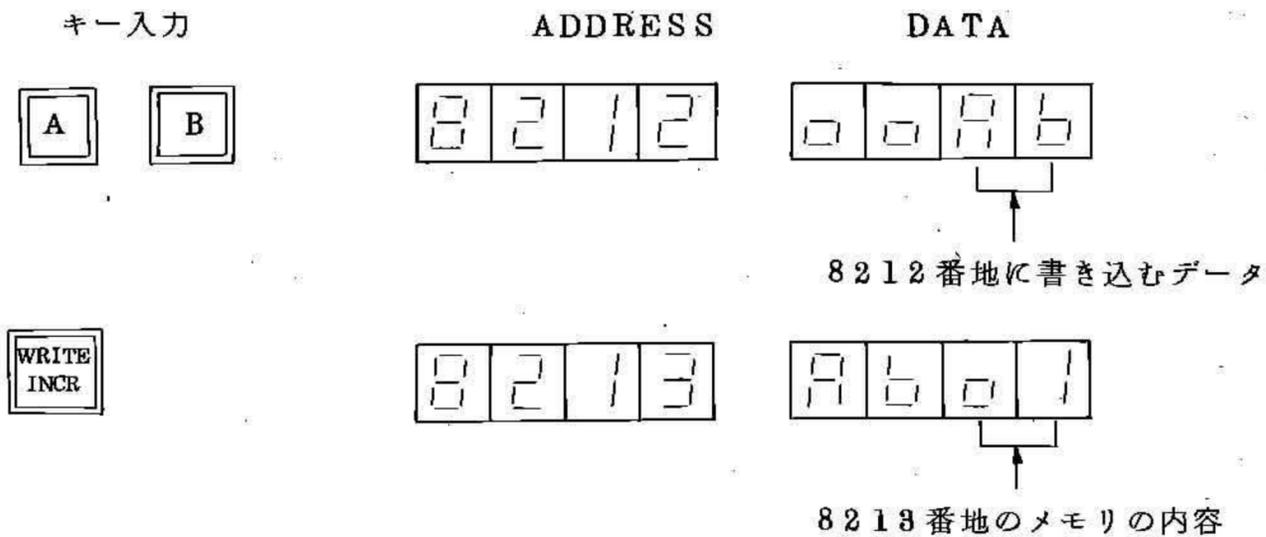
以上の処理が終了すると，データレジスタとアドレスレジスタの内容は，LEDディスプレイに表示されます．

(4) メモリライト&アドレス・インクリメント

アドレスレジスタの内容によって指定された番地のメモリに，データレジスタの下位2桁にセットされたデータをライトします．

データレジスタの下位2桁に，ライトするデータをセットして WRITE INCR キーが押されると，アドレスレジスタによって，指定された番地のメモリにデータレジスタの下位2桁に，セットされているデータが書き込まれます．

次にアドレスレジスタの内容は，インクリメントされ更新された番地のメモリの内容が，リードされます．

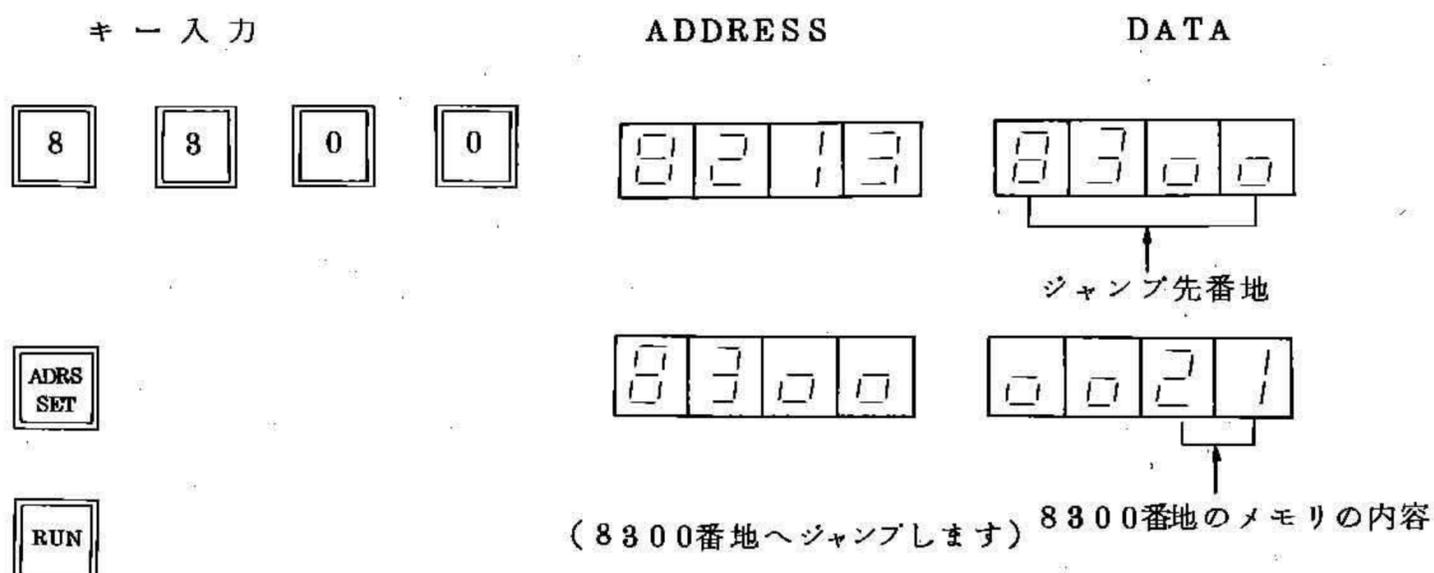
この時データレジスタは，2桁上位にシフトされ，リードされたデータは，データレジスタの下位2桁にセットされます．

以上の処理が終了すると，データレジスタとアドレスレジスタの内容は，LEDディスプレイに表示されます．

(5) RUN

アドレスレジスタの内容によって指定された番地へジャンプします.

データレジスタに,ジャンプ先の番地を16進4桁でセットして, ADRS SET キーによりアドレスレジスタにジャンプ先の番地をセットします.

この後 RUN キーを押すと,レジスタセーブエリアに退避されているレジスタの内容をCPUレジスタに復帰して,アドレスレジスタにセットされている番地にジャンプします.

なおジャンプする直前に,EI命令を実行するため割り込みイネーブルの状態でジャンプしていきます.

(6) RETURN

RET キーが押されると,レジスタ・セーブ・エリアに退避されているレジスタの内容をCPUレジスタに復帰して,退避されていたプログラムカウンタによって指定される番地にジャンプします.

なおジャンプする直前に,EI命令を実行するため,割り込みイネーブルの状態でジャンプしていきます.

(7) ストア・データ

アドレスレジスタで指定された番地からデータレジスタで指定された番地までのメモリの内容を,シリアル信号に変換してPPI(μPD8255)のポートC(PC0)に出力します.

この信号をカセット・インタフェースにより(第6章を参照して下さい),オーディオ帯域の信号に変換してカセットテープに録音します.

データレジスタにこれから転送しようとするデータの格納されている先頭番地をセットし, ADRS SET キーを押し,転送スタートアドレスをアドレスレジスタにセットします.この後データレジスタに転送しようとするデータの格納されている最終番地をセットします.

ここで STORE DATA キーを押すと,LEDディスプレイの表示が消えデータ転送がはじまります.

データ転送が終了すると,LEDディスプレイの表示が再び点灯し,キー入力待ちの状態になります.

キー入力	ADDRESS	DATA	
8 2 0 0			
ADRS SET	8200	0031	
8 2 F F	8200	82FF	
	転送スタートアドレス	転送エンドアドレス	
STORE DATA			消灯 転送開始
	転送中消灯		
	8200	82FF	転送終了

(8) ロード・データ

カセットテープからのデータを，データ中で指定された番地のメモリへロードします．

カセットテープをスタートさせ，発振音を確認した後に LOAD DATA キーを押すと，LED表示が消え，カセットテープよりロード先のアドレスデータを受信し，以降のデータをメモリにロードします．

ロードが終了すると，受信にエラーがあったかどうかをチェックし，エラーがない場合は，ロードされたデータの先頭アドレスをアドレスレジスタに，最高番地をデータレジスタにセットし，アドレスレジスタ，データレジスタの内容をLEDディスプレイに表示します．

この状態で RUN キーを押すことにより，今ロードしたプログラムを実行させることができます．(ただし，ロード開始番地がプログラムのスタート番地に一致している場合）．

受信にエラーがあった場合は，LEDディスプレイにエラー・メッセージを表示します．

キー入力	ADDRESS	DATA	
LOAD DATA			消灯 データ受信開始
	受信中消灯		
	8200	82FF	受信終了 エラーなし
	E. . .	. . . .	受信終了 エラーあり

３．６．５　ステップ動作

ＴＫ－８０モニタは，割り込みによりプログラムをステップさせることができます．

ステップ動作を行わせる場合には，モニタのワーキングエリアにあるブレークカウンタ（８３F2番地）を零クリアするか，又は RESET キーを押し（モニタプログラムが０番地よりスタートすると必ず零クリアされます．）さらにモードスイッチを"STEP"にします．

この状態でアドレスレジスタに，プログラムのスタート番地をセットして RUN キーを押すとプログラムをステップして（１インストラクション実行して），モニタに戻ってきます．この時CPUのすべてのレジスタは，レジスタ・セーブ・エリアに退避されます．

さらにアドレスレジスタには，その時のプログラムカウンタの内容が，データレジスタの上位２桁にはアキュムレータの内容が，データレジスタの下位２桁にはフラグレジスタの内容がセットされ，ＬＥＤディスプレイに表示されます．

この時モニタのキーコマンドにより，各部の動作（メモリ，レジスタの内容等）を確認することができます．

この後 RET キーを押すと，退避されていたレジスタの内容をすべてＣＰＵに復帰して，次のインストラクションを実行して，再びモニタに戻ってきます．

この場合，リターン先の番地をセットする必要はありません

このようにして，プログラムを次々とステップさせていくことができます．

３．６．６　ブレーク動作

ＴＫ－８０モニタは，ブレークポインタを１つもっており，ここにセットされた番地において，ブレークさせることができます．またブレークポインタとともに，ブレークカウンタをもっているためブレークのループ回数を設定することができます．

ブレークポインタは，モニタのワーキングエリア内の８３Ｆ０番地と８３Ｆ１番地に置かれており，ここにブレークさせる番地を書き込みます．

またブレークカウンタは８３Ｆ２番地に置かれており，ここにループ回数をセットします．

(1)　ブレークポインタおよびブレークカウンタのセット

データレジスタに８３Ｆ０をセットして ADRS SET キーを押し，アドレスレジスタにブレークポインタの番地をセットします．

データレジスタの下位２桁に，ブレークアドレスの下位２桁をセットして WRITE INCR キーを押し，続いてデータレジスタの下位２桁に，ブレークアドレスの上位２桁をセットして WRITE INCR キーを押して，ブレークポインタにブレークアドレスを書き込みます．

データレジスタの下位２桁に，ループ回数を１６進数でセットして WRITE INCR キーを押して，ブレークカウンタにループ回数を書き込みます．

(2) 動　作

前述(1)に従って，ブレークポインタおよびブレークカウンタをセットした後，アドレスレジスタにプログラムのスタート番地をセットし，モードスイッチを“ＳＴＥＰ”にして RUN キーを押すと，ブレークアドレスに対応するインストラクションを，ループ回数だけ実行した直後にブレークして，モニタに戻ってきます．

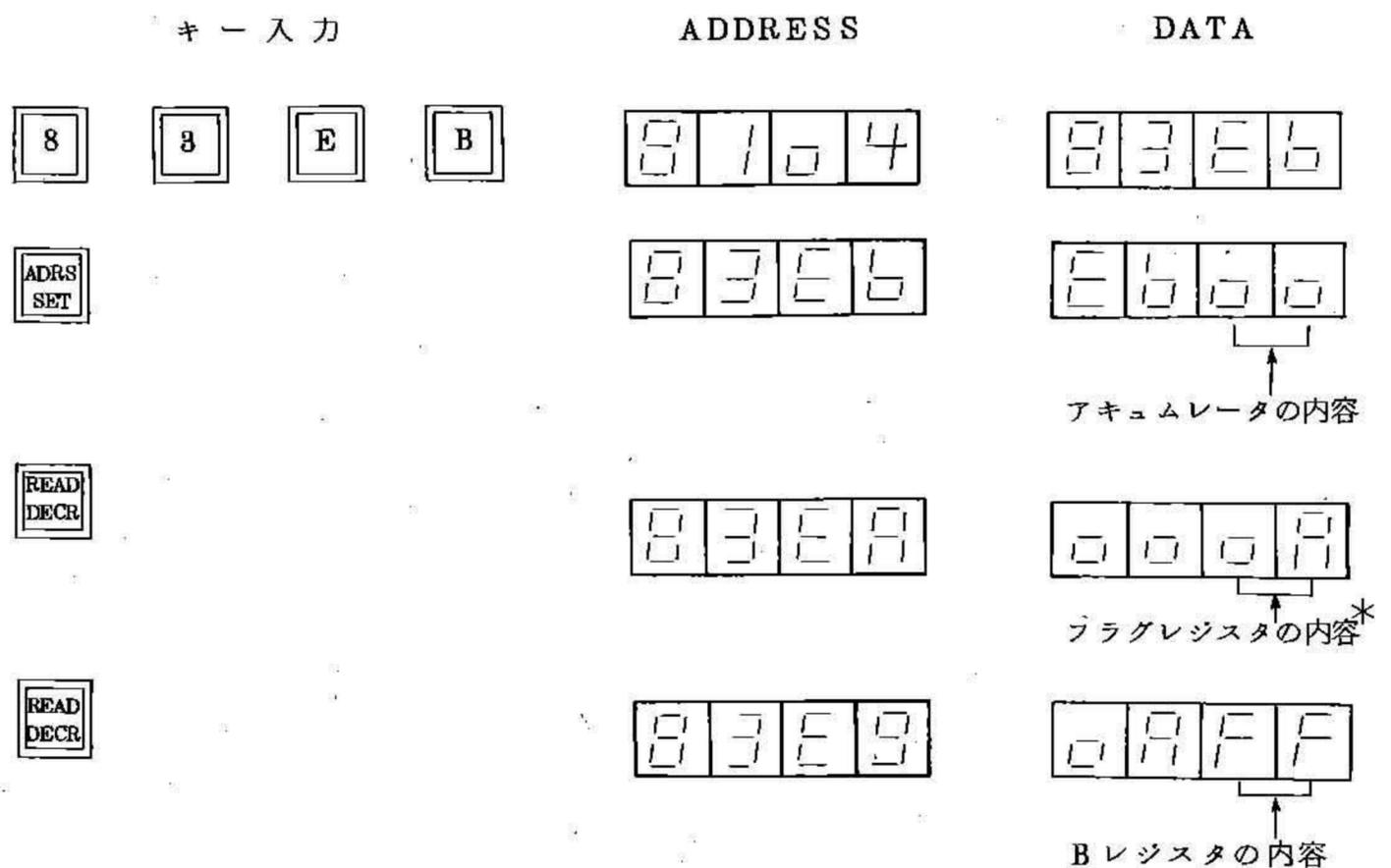
注　ブレークアドレスは，必ず各インストラクションのオペレーションコードの格納されている番地でなければなりません．

3.6.7 レジスタの表示

ステップ動作およびブレーク動作を行ってモニタに戻った時，すべてのＣＰＵレジスタはモニタ・ワーキング・エリア内のレジスタ・セーブ・エリアに退避されます．

この時各レジスタは，次の番地に退避されます．

８３ＥＢ	番地	アキュムレータ
８３ＥＡ	番地	フラグレジスタ＊
８３Ｅ９	番地	Ｂ　レジスタ
８３Ｅ８	番地	Ｃ　レジスタ
８３Ｅ７	番地	Ｄ　レジスタ
８３Ｅ６	番地	Ｅ　レジスタ
８３Ｅ５	番地	Ｈ　レジスタ
８３Ｅ４	番地	Ｌ　レジスタ
８３Ｅ３	番地	スタックポインタ〔上位〕
８３Ｅ２	番地	スタックポインタ〔下位〕
８３Ｅ１	番地	プログラムカウンタ〔上位〕
８３Ｅ０	番地	プログラムカウンタ〔下位〕

退避されているレジスタの内容は，各レジスタに相当するメモリの内容をモニタのキーコマンドにより，ＬＥＤディスプレイに表示させることができます．

＊　各フラグはフラグレジスタのビットと次のように対応します．

F_7	F_6	F_5	F_4	F_3	F_2	F_1	F_0
S	Z	SUB	CY_4	"1"	P	"1"	C

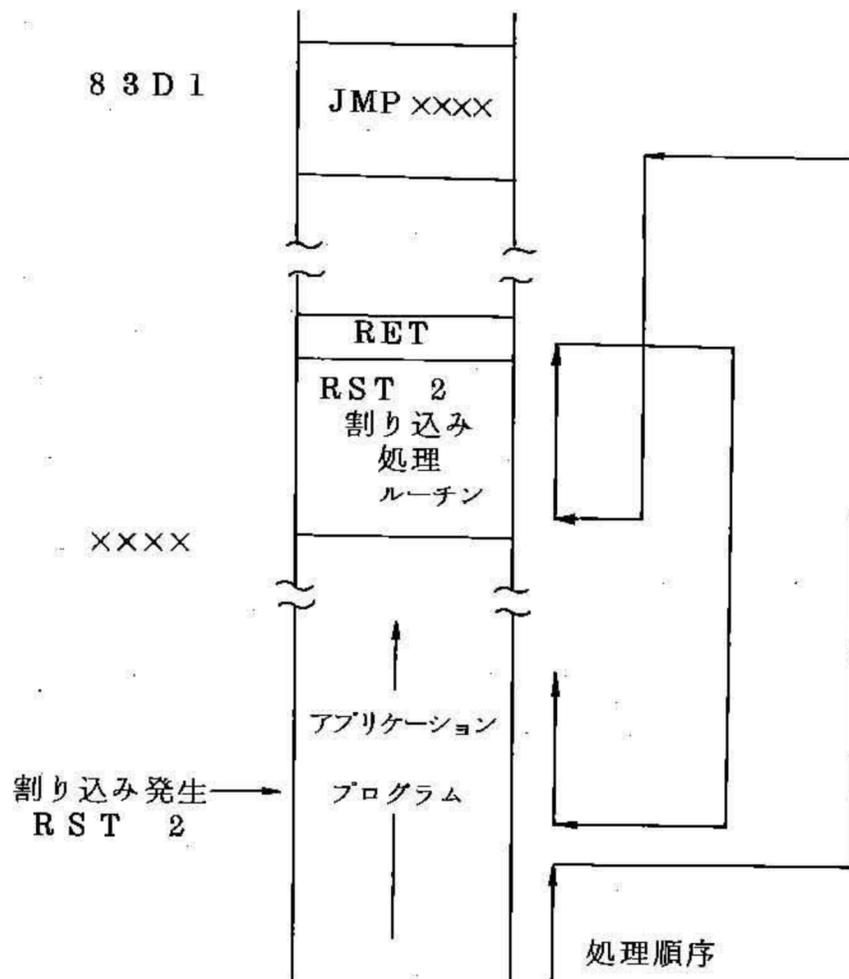
また，レジスタ・セーブ・エリア内にデータを書き込む（書き換える）と，RUN キーあるいは RET キーが押された時，CPUレジスタにはレジスタセーブエリア内に新しく書き込まれたデータを復帰させて，ジャンプしていきます．

つまりプログラムにジャンプする前に，モニタによってCPUレジスタをイニシャライズすることができることになります．

3.6.8 リスタート・ジャンプ・テーブル

TK－80モニタにおいて，8種類あるリスタート命令のうち5種類を開放しています．

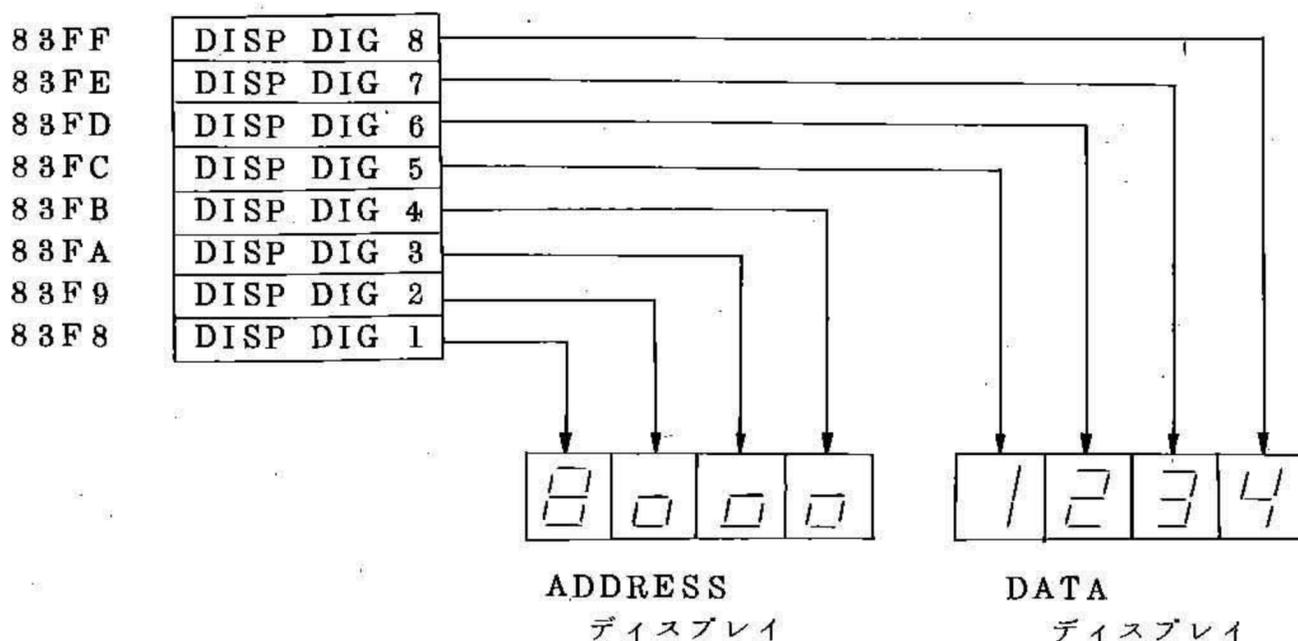
これらのリスタート命令を実行すると，おのおの次に示す番地に無条件ジャンプしてきます．従ってこのエリアに各処理ルーチンへのジャンプ命令を書き込んでおくことにより，各処理を実行することができます．

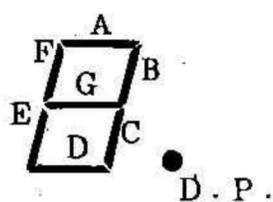
RST 2	83D1	番地
RST 3	83D4	番地
RST 4	83D7	番地
RST 5	83DA	番地
RST 6	83DD	番地

3.6.9 LEDディスプレイへのデータの表示

ＴＫ－８０は，モニタ・ワーキング・エリア内のセグメント・データ・バッファ（８３Ｆ８番地～８３ＦＦ番地）の内容を，ＤＭＡ転送によって常時表示しています．

表示は７セグメントのＬＥＤ表示素子を使用し，ダイナミック点灯させています．

実際にデータをＬＥＤディスプレイに表示させるためには，表示させるデータを後述の表示用データ（セグメントデータ）[注(1)]に変換して，上記のエリアに転送するだけでよく，表示のための特別なプログラムを書く必要はありません．

セグメントデータバッファは，次のようにＬＥＤディスプレイの各桁に対応します．

注(1)　セグメントデータ

１つの文字は，１ワード（８ビット）のデータで表示されますが，このデータは各ビットが次のように各セグメントに対応して構成されます．

A：BIT0
B：BIT1
C：BIT2
D：BIT3
E：BIT4
F：BIT5
G：BIT6
D.P.：BIT7

セグメントデータは，点灯させるセグメントに対応するビットを"１"とし，点灯させないセグメントに対応するビットを"０"として構成します．

例えば，"０"という文字に対応するセグメントデータは次のように構成されます．

E :	（点灯）	BIT4	1	5
F :	（消灯）	BIT5	0	
G :	（点灯）	BIT6	1	
D.P. :	（消灯）	BIT7	0	

	セグメントデータ		セグメントデータ
0	5C	8	7F
1	06	9	6F
2	5B	A	77
3	4F	b	7C
4	66	C	39
5	6D	d	5E
6	7D	E	79
7	27	F	71

3.7 TK−80メモリマップ

(1) RAMメモリマップ

アドレス	容量（バイト）	RAM &ROM	備考
FFFF ↑ 8400	31K	――	ブランク
83FF ↑ 83E0	32	RAM	モニタ・ワーキング・エリア
83DF ↑ 83D1	15	RAM	RST ジャンプテーブル
83D0 ↑ 83C7	10	RAM	モニタ・スタック・エリア
83C6 ↑ 8000	967	RAM	ユーザーズ・エリア
7FFF ↑ 0400	31K	−	ブランク
03FF ↑ 0300	256	EEPROM	ユーザーズ・エリア
02FF ↑ 0000	768	EEPROM	モニタ

(2) モニタ・ワーキング・エリア・メモリ・マップ

アドレス	シンボル	備考
83FF	DISP DIG 8	セグメント・データ・バッファ
FE	DISP DIG 7	
FD	DISP DIG 6	
FC	DISP DIG 5	
FB	DISP DIG 4	
FA	DISP DIG 3	
F9	DISP DIG 2	
83F8	DISP DIG 1	
83F7	DISP WORD 4	ディスプレイ レジスタ
F6	DISP WORD 3	
F5	DISP WORD 2	
83F4	DISP WORD 1	ディスプレイレジスタ
83F3	KEY FLAG	キーインプット・フラグ
83F2	BRKCT	ブレーク・カウンタ
83F1	BRKAD 〔HI〕	ブレーク・アドレス・レジスタ 上位
83F0	BRKAD 〔LO〕	下位
83EF	ADRES 〔HI〕	アドレスレジスタ 上位
83EE	ADRES 〔LO〕	下位
83ED	DATA 〔HI〕	データレジスタ 上位
83EC	DATA 〔LO〕	下位
83EB	A	CPU レジスタ・セーブ・エリア
EA	F	
E9	B	
E8	C	
E7	D	
E6	E	
E5	H	
E4	L	
E3	SP 〔HI〕	
E2	SP 〔LO〕	
E1	PC 〔HI〕	
83E0	PC 〔LO〕	
DF DE 83DD	RST 6	RST 6 ジャンプテーブル
DC DB 83DA	RST 5	RST 5 ジャンプテーブル

アドレス	シンボル	備　考
D9 D8 83D7	RST 4	RST 4 ジャンプテーブル
D6 D5 83D4	RST 3	RST 3 ジャンプテーブル
D3 D2 83D1	RST 2	RST 2 ジャンプテーブル
83D0 CF CE CD CC CB CA C9 C8 83C7	MONSP	モニタ スタックエリア
83C6 ≈ 8000	USESP ≈	↓ユーザーズ スタック ≈ ユーザーズエリア

3.8 モニタ・アセンブル・リスト

```
*****    UCOM - 8       ASSEMBL      LIST    *****                    P 0001

0001                   :::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0002                   ::                 MONITER   VER 1.0            ::
0003                   ::                       1976-7                 ::
0004                   ::                              TYPE B          ::
0005                   :::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
0006                           ORG   0
0007   0000   3E92             MVI   A,92H      ; CONTROL WORD FOR 8255
0008   0002   D3FB             OUT   0FBH       ; PROGRAM TO 8255
0009   0004   C3               JMP   MONST
              3B00
0010                           ORG   8H
0011   0008   3E92             MVI   A,92H      ; CONTROL WORD FOR 8255
0012   000A   D3FB             OUT   0FBH       ; PROGRAM TO 8255
0013   000C   C3               JMP   START
              5100
0014                           ORG   10H
0015   0010   C3               JMP   RST2
              D183
0016                           ORG   18H
0017   0018   C3               JMP   RST3
              D483
0018                           ORG   20H
0019   0020   C3               JMP   RST4
              D783
0020                           ORG   28H
0021   0028   C3               JMP   RST5
              DA83
0022                           ORG   30H
0023   0030   C3               JMP   RST6
              DD83
0024                           ORG   38H
0025   0038   C3               JMP   BRENT
              5101
0026                   ::
0027                   :: INITIALIZE ROUTIN
0028                   ::
0029   003B   3EFF     MONST:  MVI   A,0FFH
0030   003D   D3FA             OUT   0FAH       ; PORT C,BIT 0  INITIALIZE
0031   003F   21               LXI   H,DATA
              EC83
0032   0042   060C             MVI   B,12
0033   0044   AF               XRA   A
0034   0045   77               MOV   M,A
0035   0046   23               INX   H
0036   0047   05               DCR   B
0037   0048   C2               JNZ   $-3
              4500
0038   004B   21               LXI   H,USESP
              C783
0039   004E   22               SHLD  SSAVE      ; SET UP FOR USER STACK
              E283
```

```
0040                    ;;
0041                    ;; MONITOR START
0042                    ;;
0043  0051  3EFF        START: MVI  A,OFFH
0044  0053  D3FA               OUT  OFAH       ; PORT C,BIT 0  INITIALIZE
0045  0055  31                 LXI  SP,MONSP   ; SP INITIALIZE
            D183
0046  0058  CD                 CALL SEGCG      ; SEGMENT CONVERT
            C001
0047  005B  CD                 CALL KEYIN      ; KEY INPUT
            1602
0048  005E  47                 MOV  B,A
0049  005F  E610               ANI  10H
0050  0061  CA                 JZ   DIGIT      ; IF ZERO INPUT DATA=0--->F
            8400
0051  0064  78                 MOV  A,B
0052  0065  E60F               ANI  OFH
0053  0067  0600               MVI  B,0        ; B=0
0054  0069  87                 ADD  A
0055  006A  4F                 MOV  C,A
0056  006B  21                 LXI  H,TABL
            7400
0057  006E  09                 DAD  B
0058  006F  7E                 MOV  A,M
0059  0070  23                 INX  H
0060  0071  66                 MOV  H,M
0061  0072  6F                 MOV  L,A
0062  0073  E9                 PCHL
0063  0074  CC00        TABL:  DW   GOTO
0064  0076  F901               DW   RESRG
0065  0078  9400               DW   ADSET
0066  007A  B800               DW   ADDCX
0067  007C  9D00               DW   ADINX
0068  007E  C200               DW   MEMW
0069  0080  D500               DW   STAPE
0070  0082  0701               DW   LTAPE
0071  0084  CD          DIGIT: CALL SHIFT      ; DATA REG SHIFT (4 BITS)
            B501
0072  0087  3A                 LDA  DATA
            EC83
0073  008A  B0                 ORA  B
0074  008B  32                 STA  DATA       ; INPUT DATA SET
            EC83
0075  008E  CD                 CALL RGDSP      ; ADDRESS & DATA REG DISPLAY
            A101
0076  0091  C3                 JMP  START
            5100
0077                    ;;
0078                    ;; ADDRESS SET
0079                    ;;
0080  0094  2A          ADSET: LHLD DATA       ; HL=DATA REG
```

```
                EC83
0081  0097      22              SHLD ADRES      ; STORE HL TO ADDRESS REG
                EE83
0082  009A      C3              JMP  ADINX+4    ; MEMORY READ & ADDRESS DISPLAY
                A100
0083                    ;;
0084                    ;; MEMORY READ & ADDRESS INCREMENT
0085                    ;;
0086  009D      2A      ADINX: LHLD ADRES       ; HL=ADDRESS REG
                EE83
0087  00A0      23              INX  H          ; ADDRESS INCREMENT
0088  00A1      CD              CALL MEMR       ; MEMORY READ
                AD00
0089  00A4      22      ADSTR: SHLD ADRES       ; STORE HL TO ADDRESS REG
                EE83
0090  00A7      CD              CALL RGDSP      ; ADDRESS & DATA DISPLAY
                A101
0091  00AA      C3              JMP  START
                5100
0092  00AD      3A      MEMR:  LDA  DATA
                EC83
0093  00B0      32              STA  DATA+1     ; DATA REG SHIFT
                ED83
0094  00B3      7E              MOV  A,M        ; MEMORY READ
0095  00B4      32              STA  DATA       ; DATA--->DATA REG
                EC83
0096  00B7      C9              RET
0097                    ;;
0098                    ;; MEMORY READ & ADDRESS DECREMENT
0099                    ;;
0100  00B8      2A      ADDCX: LHLD ADRES       ; HL=ADDRESS REG
                EE83
0101  00BB      2B              DCX  H          ; ADDRESS DECREMENT
0102  00BC      CD              CALL MEMR       ; MEMORY READ
                AD00
0103  00BF      C3              JMP  ADSTR
                A400
0104                    ;;
0105                    ;; MEMORY WRITE
0106                    ;;
0107  00C2      2A      MEMW:  LHLD ADRES       ; HL=ADDRESS REG
                EE83
0108  00C5      3A              LDA  DATA       ; A=DATA REG
                EC83
0109  00C8      77              MOV  M,A        ; DATA WRITE
0110  00C9      C3              JMP  ADINX
                9D00
0111                    ;;
0112                    ;; MONITOR TO USER CONTROL ROUTIN
0113                    ;;
0114  00CC      2A      GOTO:  LHLD ADRES       ; HL=ADDRESS REG
```

```
                 EE83
0115  00CF       22              SHLD PSAVE      ; (HL)--->(PC) SAVE AREA
                 E083
0116  00D2       C3              JMP  RESRG      ; REGISTER RESTORE
                 F901
0117                     ;                       & GO TO USER ROUTINE
0118                     ;;
0119                     ;; STORE DATA TO TAPE
0120                     ;;
0121  00D5       0E00    STAPE:  MVI  C,0        ; C=CHECKSUM REGISTER
0122  00D7       2A              LHLD DATA       ; HL=END ADDRESS
                 EC83
0123  00DA       EB              XCHG            ; DE=END ADDRESS
0124  00DB       2A              LHLD ADRES      ; HL=START ADDRESS
                 EE83
0125  00DE       7C              MOV  A,H
0126  00DF       CD              CALL CKSMO      ; START ADDRESS [HI] OUT
                 4101
0127  00E2       7D              MOV  A,L
0128  00E3       CD              CALL CKSMO      ; START ADDRESS [LO] OUT
                 4101
0129  00E6       7A              MOV  A,D
0130  00E7       CD              CALL CKSMO      ; END ADDRESS [HI] OUT
                 4101
0131  00EA       7B              MOV  A,E
0132  00EB       CD              CALL CKSMO      ; END ADDRESS [LO] OUT
                 4101
0133  00EE       2B              DCX  H
0134  00EF       23      TAPE1:  INX  H
0135  00F0       7E              MOV  A,M
0136  00F1       CD              CALL CKSMO      ; CHECKSUM & DATA OUT
                 4101
0137  00F4       7D              MOV  A,L
0138  00F5       BB              CMP  E          ; START[LO],END[LO] COMPARE
0139  00F6       C2              JNZ  TAPE1
                 EF00
0140  00F9       7C              MOV  A,H
0141  00FA       BA              CMP  D          ; START[HI],END[HI] COMPARE
0142  00FB       C2              JNZ  TAPE1
                 EF00
0143  00FE       79              MOV  A,C
0144  00FF       2F              CMA
0145  0100       3C              INR  A
0146  0101       CD              CALL CKSMO      ; CHECKSUM OUT
                 4101
0147  0104       C3              JMP  START      ; END STORE TAPE
                 5100
0148                     ;;
0149                     ;; LOAD DATA FROM TAPE
0150                     ;;
0151  0107       3E01    LTAPE:  MVI  A,01H
```

```
0152  0109  D3FA          OUT  OFAH      ; DMA INHIBIT
0153  010B  0E00          MVI  C,0       ; C=CHECKSUM REGISTER
0154  010D  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0155  0110  67            MOV  H,A       ; H=START ADDRESS [HI]
0156  0111  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0157  0114  6F            MOV  L,A       ; L=START ADDRESS [LO]
0158  0115  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0159  0118  57            MOV  D,A       ; D=END ADDRESS [HI]
0160  0119  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0161  011C  5F            MOV  E,A       ; E=END ADDRESS [LO]
0162  011D  22            SHLD ADRES     ; START ADDRESS STORE TO ADDRESS REG
            EE83
0163  0120  EB            XCHG
0164  0121  22            SHLD DATA      ; END ADDRESS STORE TO DATA REG
            EC83
0165  0124  EB            XCHG
0166  0125  2B            DCX  H
0167  0126  23    TAPE2:  INX  H
0168  0127  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0169  012A  77            MOV  M,A       ; DATA STORE TO MEMORY
0170  012B  7D            MOV  A,L
0171  012C  BB            CMP  E         ; START[LO],END[LO] COMPARE
0172  012D  C2            JNZ  TAPE2
            2601
0173  0130  7C            MOV  A,H
0174  0131  BA            CMP  D         ; START[HI],END[HI] COMPARE
0175  0132  C2            JNZ  TAPE2
            2601
0176  0135  CD            CALL CKSMI     ; DATA READ & CHECKSUM
            4901
0177  0138  C2            JNZ  ERROR     ; IF ZERO FLAG=ZERO--->CHECKSUM ERROR
            CB02
0178  013B  CD            CALL RGDSP
            A101
0179  013E  C3            JMP  START     ; END LOAD DATA
            5100
0180  0141  F5    CKSMO:  PUSH PSW       ; PSW SAVE
0181  0142  81            ADD  C         ; CHECKSUM
0182  0143  4F            MOV  C,A
0183  0144  F1            POP  PSW       ; PSW RESTORE
0184  0145  CD            CALL SRIOT     ; DATA OUT
            7C02
0185  0148  C9            RET
0186  0149  CD    CKSMI:  CALL SRIIN     ; DATA READ
            A002
0187  014C  47            MOV  B,A       ; ACC SAVE
```

```
0188  014D   81              ADD   C            ; CHECKSUM
0189  014E   4F              MOV   C,A
0190  014F   78              MOV   A,B          ; ACC RESTORE
0191  0150   C9              RET
0192                 ;;
0193                 ;; BREAK ENTRY
0194                 ;;     BREAK & ONE STEP OPERATION
0195                 ;;
0196  0151   E3      BRENT:  XTHL               ; HL<-->PC(SAVED)
0197  0152   22              SHLD  PSAVE        ; PC(LO) $83E0,PC(HI) $83E1 SAVED
             E083
0198  0155   F5              PUSH  PSW          ; PSW SAVE
0199  0156   21              LXI   H,4H
             0400
0200  0159   39              DAD   SP           ; HL<--SP
0201  015A   F1              POP   PSW          ; PSW RECOVER
0202  015B   22              SHLD  SSAVE        ; SP(LO) $83E2,SP(HI) $83E3 SAVED
             E283
0203  015E   E1              POP   H            ; HL RECOVER
0204  015F   31              LXI   SP,DATA
             EC83
0205  0162   F5              PUSH  PSW          ; A $83EB,F $83EA SAVED
0206  0163   C5              PUSH  B            ; B $83E9,C $83E8 SAVED
0207  0164   D5              PUSH  D            ; D $83E7,E $83E6 SAVED
0208  0165   E5              PUSH  H            ; H $83E5,L $83E4 SAVED
0209  0166   31              LXI   SP,MONSP     ; SP INITIALIZE
             D183
0210  0169   3A              LDA   BRKCT
             F283
0211  016C   A7              ANA   A            ; BREAK COUNTER=0 ?
0212  016D   CA              JZ    BSTOP        ; IF ZERO ONE STEP
             8B01
0213  0170   2A              LHLD  BRKAD          L E83F0  H E83F1
             F083
0214  0173   EB              XCHG               ; DE = BREAK POINTER
0215  0174   2A              LHLD  PSAVE        ; HL = (PC)
             E083
0216  0177   7D              MOV   A,L
0217  0178   BB              CMP   E            ; PC[LO]-BP[LO]
0218  0179   C2              JNZ   NOBRK        ; IF NON ZERO NOT BREAK
             8501
0219  017C   7C              MOV   A,H
0220  017D   BA              CMP   D            ; PC[HI]-BP[HI]
0221  017E   C2              JNZ   NOBRK        ; IF NON ZERO NOT BREAK
             8501
0222  0181   21              LXI   H,BRKCT
             F283
0223  0184   35              DCR   M            ; BREAK COUNTER DECREMENT
0224  0185   CD      NOBRK:  CALL  ADDSP        ; (PSW) & (PC) DISPLAY
             9101
0225  0188   C3              JMP   RESRG        ; REGISTER RESTOR & RETURN
```

```
                F901
 0226   018B    CD      BSTOP: CALL ADDSP      ; (PSW) & (PC) DISPLAY
                9101
 0227   018E    C3             JMP  START
                5100
 0228   0191    2A      ADDSP: LHLD FSAVE      ; HL=(PSW)
                EA83
 0229   0194    22             SHLD DATA       ; (PSW)-->DATA REG
                EC83
 0230   0197    2A             LHLD PSAVE      ; HL=(PC)
                E083
 0231   019A    22             SHLD ADRES      ; (PC)-->ADDRESS REG
                EE83
 0232   019D    CD             CALL RGDSP      ; ADDRESS & DATA REG DISPLAY
                A101
 0233   01A0    C9             RET
 0234                   ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
 0235                   ;;                SUBROUTINE               ;;
 0236                   ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
 0237                   ;;
 0238                   ;;   ADDRESS,DATA REG DISPLAY
 0239                   ;;
 0240   01A1    21      RGDSP: LXI  H,ADRES+1  ; HL=ADDRESS BUFFER ADDRESS
                EF83
 0241   01A4    11             LXI  D,DISP     ; DE=DISPLAY DATA BUFFER ADDRESS
                F483
 0242   01A7    0604           MVI  B,4        ; COUNTER SET
 0243   01A9    7E             MOV  A,M
 0244   01AA    12             STAX D          ; DISPLAY DATA STORE
 0245   01AB    2B             DCX  H
 0246   01AC    13             INX  D
 0247   01AD    05             DCR  B
 0248   01AE    C2             JNZ  $-5
                A901
 0249   01B1    CD             CALL SEGCG      ; SEGMENT CONVERT
                C001
 0250   01B4    C9             RET
 0251                   ;;
 0252                   ;;   DATA REG SHIFT (4 BITS)
 0253                   ;;
 0254   01B5    2A      SHIFT: LHLD DATA
                EC83
 0255   01B8    29             DAD  H
 0256   01B9    29             DAD  H
 0257   01BA    29             DAD  H
 0258   01BB    29             DAD  H
 0259   01BC    22             SHLD DATA
                EC83
 0260   01BF    C9             RET
 0261                   ;;
 0262                   ;;   SEGMENT CONVERT SUB
```

```
0263                       ;;
0264  01C0   21            SEGCG: LXI  H,DISP     ; HL=DISPLAY DATA ADDRESS
             F483
0265  01C3   11                   LXI  D,DIG      ; DE=SEGMENT BUFFER ADDRESS
             F883
0266  01C6   01                   LXI  B,SEGD     ; BC=SEGMENT DATA ADDRESS
             E901
0267  01C9   7E                   MOV  A,M
0268  01CA   23                   INX  H
0269  01CB   E5                   PUSH H
0270  01CC   F5                   PUSH PSW
0271  01CD   E6F0                 ANI  0F0H       ; MASK 'F0'
0272  01CF   0F                   RRC
0273  01D0   0F                   RRC
0274  01D1   0F                   RRC
0275  01D2   0F                   RRC             ; SHIFT RIGHT 4 BITS
0276  01D3   2600                 MVI  H,0
0277  01D5   6F                   MOV  L,A
0278  01D6   09                   DAD  B
0279  01D7   7E                   MOV  A,M        ; A=SEGMENT DATA
0280  01D8   12                   STAX D          ; STORE SEGMENT DATA
0281  01D9   13                   INX  D
0282  01DA   F1                   POP  PSW
0283  01DB   E60F                 ANI  0FH        ; MASK '0F'
0284  01DD   2600                 MVI  H,0
0285  01DF   6F                   MOV  L,A
0286  01E0   09                   DAD  B
0287  01E1   7E                   MOV  A,M        ; A=SEGMENT DATA
0288  01E2   12                   STAX D          ; STORE SEGMENT DATA
0289  01E3   E1                   POP  H
0290  01E4   1C                   INR  E
0291  01E5   C2                   JNZ  SEGCG+9
             C901
0292  01E8   C9                   RET
0293                       ;;
0294                       ;;   SEGMENT DATA  ;;
0295                       ;;
0296  01E9   5C06          SEGD:  DB   5CH,06H,5BH,4FH,66H,6DH
             5B4F
             666D
0297  01EF   7D27                 DB   7DH,27H,7FH,6FH,77H,7CH,39H
             7F6F
             777C
0298  01F6   39                   DB   5EH,79H,71H
             5E
             7971
0299                       ;;
0300                       ;; REGISTER RESTORE
0301                       ;;
0302  01F9   2A            RESRG: LHLD SSAVE
             E283
```

```
0303  01FC  F9            SPHL              ; SP RESTORE
0304  01FD  2A            LHLD PSAVE
            E083
0305  0200  E5            PUSH H            ; PC STORED IN USER STACK
0306  0201  2A            LHLD LSAVE
            E483
0307  0204  E5            PUSH H            ; HL STORED BELOW USER STACK
0308  0205  2A            LHLD FSAVE
            EA83
0309  0208  E5            PUSH H            ; PSW STORED BELOW USER STACK
0310  0209  2A            LHLD CSAVE
            E883
0311  020C  4D            MOV  C,L
0312  020D  44            MOV  B,H          ; BC RESTORED
0313  020E  2A            LHLD ESAVE
            E683
0314  0211  EB            XCHG              ; DE RESTORED
0315  0212  F1            POP  PSW          ; PSW RESTORED
0316  0213  E1            POP  H            ; HL RESTORED
0317  0214  FB            EI                ; INTERRUPT ENABLE
0318  0215  C9            RET               ; PC RESTORED & GO TO USER CONTROL
                                              ROUTINE
0319                ;;
0320                ;; KEY INPUT
0321                ;;
0322                ;;    ACC=INPUT DATA
0323                ;;
0324  0216  CD      KEYIN: CALL INPUT       ; KEY INPUT
            2302
0325                ; KEY IN---> ACC=DATA & KFLAG SET
0326                ; NON IN---> ACC=FF   & KFLAG RESET
0327  0219  47            MOV  B,A          ; INPUT DATA SAVE
0328  021A  3A            LDA  KFLAG        ; ACC=KEY FLAG
            F383
0329  021D  A7            ANA  A
0330  021E  CA            JZ   KEYIN        ; IF ZERO JMP KEYIN
            1602
0331  0221  78            MOV  A,B          ; INPUT DATA RESTORE
0332  0222  C9            RET
0333                ;;
0334                ;; KEY INPUT SUB
0335                ;;
0336  0223  CD      INPUT: CALL KEY         ; KEY SCAN
            4702
0337  0226  3C            INR  A
0338  0227  CA            JZ   NOKEY        ; JMP NON INPUT
            4202
0339  022A  CD            CALL D2           ; WAIT CHATTERING TIME
            EA02
0340  022D  CD            CALL KEY          ; KEY SCAN
            4702
0341  0230  47            MOV  B,A          ; INPUT DATA SAVE
```

```
0342  0231  3C             INR  A
0343  0232  CA             JZ   NOKEY     ; JMP NON INPUT
            4202
0344  0235  3A             LDA  KFLAG     ; A=KEY INPUT FLAG
            F383
0345  0238  A7             ANA  A
0346  0239  C2             JNZ  $-15      ; JMP IF KEY FLAG IS SET
            2A02
0347  023C  3D             DCR  A         ; A=FFH
0348  023D  32             STA  KFLAG     ; SET KEY INPUT FLAG
            F383
0349  0240  78             MOV  A,B       ; INPUT DATA RESTORE
0350  0241  C9             RET
0351  0242  06FF   NOKEY:  MVI  B,0FFH
0352  0244  C3             JMP  $-7
            3D02
0353                ;;
0354                ;;  KEY SCAN & CONVERT HEXA DATA SUB
0355                ;;
0356  0247  1600   KEY:    MVI  D,0
0357  0249  42             MOV  B,D
0358  024A  3EEF           MVI  A,0EFH
0359  024C  D3FA           OUT  0FAH      ; PORT C SCAN LIN DATA SET
0360  024E  DBF8           IN   0F8H      ; KEY SCAN 0--->7
0361  0250  EEFF           XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0362  0252  C2             JNZ  KEYI
            7102
0363  0255  0608           MVI  B,8
0364  0257  3EDF           MVI  A,0DFH
0365  0259  D3FA           OUT  0FAH      ; PORT C SCAN LIN DATA SET
0366  025B  DBF8           IN   0F8H      ; KEY SCAN 8--->F
0367  025D  EEFF           XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0368  025F  C2             JNZ  KEYI
            7102
0369  0262  0610           MVI  B,10H
0370  0264  3EBF           MVI  A,0BFH
0371  0266  D3FA           OUT  0FAH      ; PORT C SCAN LINE DATA SET
0372  0268  DBF8           IN   0F8H      ; KEY SCAN FUNCTION
0373  026A  EEFF           XRI  0FFH      ; COMPLEMENT
0374  026C  C2             JNZ  KEYI
            7102
0375  026F  3D             DCR  A         ; A=FFH
0376  0270  C9             RET
0377  0271  0F     KEYI:   RRC
0378  0272  DA             JC   $+7       ; DATA=X--BIT?
            7902
0379  0275  14             INR  D
0380  0276  C3             JMP  KEYI
            7102
0381  0279  7A             MOV  A,D
0382  027A  B0             ORA  B         ; SCAN LINE--->DATA MODIFY
```

```
0383  027B  C9            RET
0384                ;;
0385                ;; SRIAL OUT PUT ROUTINE
0386                ;;
0387  027C  D5      SRIOT: PUSH D          ; DE REGISTER SAVE
0388  027D  C5            PUSH B          ; BC REGISTER SAVE
0389  027E  0608          MVI  B,8        ; BIT COUNTER SET
0390  0280  4F            MOV  C,A        ; C<--ACC
0391  0281  AF            XRA  A          ; SET START BIT
0392  0282  D3FA          OUT  0FAH       ; OUT PUT START BIT
0393  0284  CD            CALL D2         ; WAIT 1 BIT TIME
            EA02
0394  0287  79      SRI01: MOV  A,C        ; ACC<--DATA
0395  0288  E67F          ANI  7FH        ; MASK M.S.B.
0396  028A  D3FA          OUT  0FAH       ; OUTPUT L.S.B.
0397  028C  79            MOV  A,C
0398  028D  1F            RAR             ; DATA SHIFT
0399  028E  4F            MOV  C,A
0400  028F  CD            CALL D2         ; WAIT 1 BIT TIME
            EA02
0401  0292  05            DCR  B          ; BIT COUNTER DECREMENT
0402  0293  C2            JNZ  SRI01      ; GO DO IT AGAIN
            8702
0403  0296  3E01          MVI  A,1        ; SET STOP BIT
0404  0298  D3FA          OUT  0FAH       ; OUTPUT STOP BIT
0405  029A  CD            CALL D3         ; WAIT WORD INTERVAL
            EF02
0406  029D  C1            POP  B          ; BC REGISTER RESTORE
0407  029E  D1            POP  D          ; DE REGISTER RESTORE
0408  029F  C9            RET
0409                ;;
0410                ;; SRIAL INPUT ROUTINE
0411                ;;
0412  02A0  D5      SRIIN: PUSH D          ; DE REGISTER SAVE
0413  02A1  C5            PUSH B          ; BC REGISTER SAVE
0414  02A2  01            LXI  B,800H     ; REGISTER INITIALIZE
            0008
0415  02A5  DBF9    SRII1: IN   0F9H       ; GET INPUT DATA
0416  02A7  1F            RAR             ; CHECK L.S.B.
0417  02A8  DA            JC   SRII1      ; JUMP BACK IF ZERO
            A502
0418  02AB  CD            CALL D1         ; WAIT 1/2 BIT TIME
            DD02
0419  02AE  DBF9          IN   0F9H       ; GET INPUT DATA
0420  02B0  1F            RAR             ; CHECK L.S.B.
0421  02B1  DA            JC   SRII1      ; IF ONE START OVER
            A502
0422  02B4  CD            CALL D2         ; WAIT 1BIT TIME
            EA02
0423  02B7  DBF9          IN   0F9H       ; GET INPUT DATA
0424  02B9  E601          ANI  1          ; MASK OUT L.S.B.
```

```
0425  02BB  81          ADD   C           ; ADD C TO ACC
0426  02BC  0F          RRC               ; DATA SHIFT
0427  02BD  4F          MOV   C,A         ; ACC SAVE TO C REG
0428  02BE  05          DCR   B           ; BIT COUNTER DECREMENT
0429  02BF  C2          JNZ   $-11        ; GO BACK IF NOT END
            B402
0430  02C2  CD          CALL  D2          ; WAIT 1 BIT TIME
            EA02
0431  02C5  CD          CALL  D2          ; WAIT 1 BIT TIME
            EA02
0432  02C8  C1          POP   B           ; BC REGISTER RESTORE
0433  02C9  D1          POP   D           ; DE REGISTER RESTORE
0434  02CA  C9          RET
0435  02CB  21   ERROR: LXI   H,DIG       ; HL=SEGMENT DATA BUFFER ADDRES
            F883
0436  02CE  3679        MVI   M,79H
0437  02D0  23          INX   H
0438  02D1  3680        MVI   M,80H
0439  02D3  2C          INR   L
0440  02D4  C2          JNZ   $-3         ; WRITE ERROR MESSAGE
            D102
0441  02D7  31          LXI   SP,MONSP    ; SP INITIALIZE
            D183
0442  02DA  C3          JMP   START+10
            5B00
0443             ;;
0444             ;;  BIT TIMER & CHATTERING TIMER
0445             ;;
0446  02DD  1624  D1:   MVI   D,24H       ; WAIT 1/2 BIT TIME   4.5112 MSEC
0447  02DF  1E0C        MVI   E,0CH
0448  02E1  1D          DCR   E
0449  02E2  C2          JNZ   $-1
            E102
0450  02E5  15          DCR   D
0451  02E6  C2          JNZ   $-7
            DF02
0452  02E9  C9          RET
0453  02EA  1648  D2:   MVI   D,48H       ; WAIT 1 BIT TIME   9.0176 MSEC
0454  02EC  C3          JMP   D1+2
            DF02
0455  02EF  16D8  D3:   MVI   D,0D8H      ; WAIT 3 BIT TIME   27.0176 MSEC
0456  02F1  C3          JMP   D1+2
            DF02
0457             ;;
0458             ;; ADDRESS TABEL
0459             ;;
0460             LSAVE: EQU  83E4H
0461             HSAVE: EQU  83E5H
0462             ESAVE: EQU  83E6H
0463             DSAVE: EQU  83E7H
0464             CSAVE: EQU  83E8H
```

```
0465          BSAVE: EQU  83E9H
0466          FSAVE: EQU  83EAH
0467          ASAVE: EQU  83EBH
0468          PSAVE: EQU  83E0H
0469          SSAVE: EQU  83E2H
0470          ADRES: EQU  83EEH
0471          DATA:  EQU  83ECH
0472          BRKAD: EQU  83F0H
0473          BRKCT: EQU  83F2H
0474          KFLAG: EQU  83F3H
0475          DISP:  EQU  83F4H
0476          DIG:   EQU  83F8H
0477          MONSP: EQU  83D1H
0478          USESP: EQU  83C7H
0479          RST2:  EQU  83D1H
0480          RST3:  EQU  83D4H
0481          RST4:  EQU  83D7H
0482          RST5:  EQU  83DAH
0483          RST6:  EQU  83DDH
0484                 END
```

***** UCOM - 8 ASSEMBL LIST *****

MONST	003B	START	0051	RST2	83D1	RST3	83D4
RST4	83D7	RST5	83DA	RST6	83DD	BRENT	0151
DATA	83EC	USESP	83C7	SSAVE	83E2	MONSP	83D1
SEGCG	01C0	KEYIN	0216	DIGIT	0084	TABL	0074
GOTO	00CC	RESRG	01F9	ADSET	0094	ADDCX	00B8
ADINX	009D	MEMW	00C2	STAPE	00D5	LTAPE	0107
SHIFT	01B5	RGDSP	01A1	ADRES	83EE	MEMR	00AD
ADSTR	00A4	PSAVE	83E0	CKSMO	0141	TAPE1	00EF
CKSMI	0149	TAPE2	0126	ERROR	02CB	SRIOT	027C
SRIIN	02A0	BRKCT	83F2	BSTOP	018B	BRKAD	83F0
NOBRK	0185	ADDSP	0191	FSAVE	83EA	DISP	83F4
DIG	83F8	SEGD	01E9	LSAVE	83E4	CSAVE	83E8
ESAVE	83E6	INPUT	0223	KFLAG	83F3	KEY	0247
NOKEY	0242	D2	02EA	KEYI	0271	SRIO1	0287
D3	02EF	SRII1	02A5	D1	02DD	HSAVE	83E5
DSAVE	83E7	BSAVE	83E9	ASAVE	83EB		

第4章　モニタ・サブルーチン

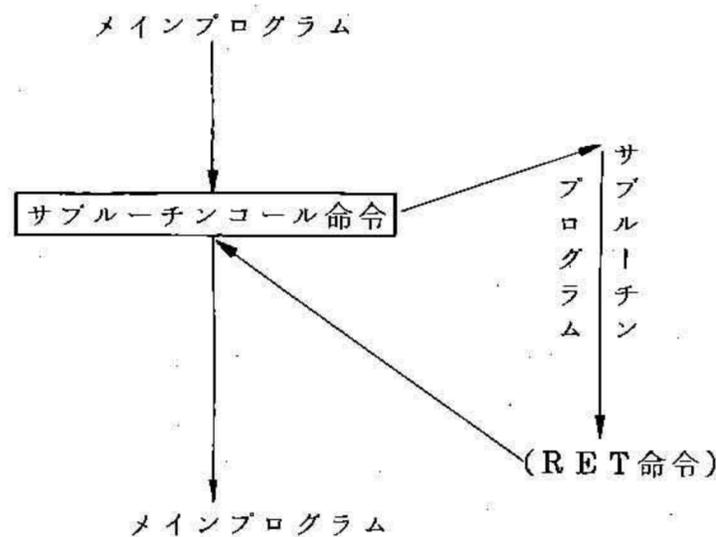
4.1　概　　要

モニタプログラムは，メインプログラムのほかにいくつかのサブルーチンプログラムで構成されています．

サブルーチンプログラムとは，繰り返し行われる処理や，だれもが行うような処理等を１つの一連のプログラムとしてまとめたものです．

プログラムを組む時に，次に述べるような処理が必要なとき，プログラムにサブルーチンコール命令を書くだけで，簡単サブルーチンプログラムを呼び出して使用することができます．

図４－１　サブルーチンのコール

メインプログラム
サブルーチンコール命令
サブルーチン
プログラム
（ＲＥＴ命令）
メインプログラム

この説明書では，ＴＫ－８０モニタプログラムを構成しているサブルーチンのうち，一般性のあるもの，特にアプリケーションプログラムを書く上で有効であると思われるものについて，その機能および入出力条件について説明します．

4.2　サブルーチンの考え方

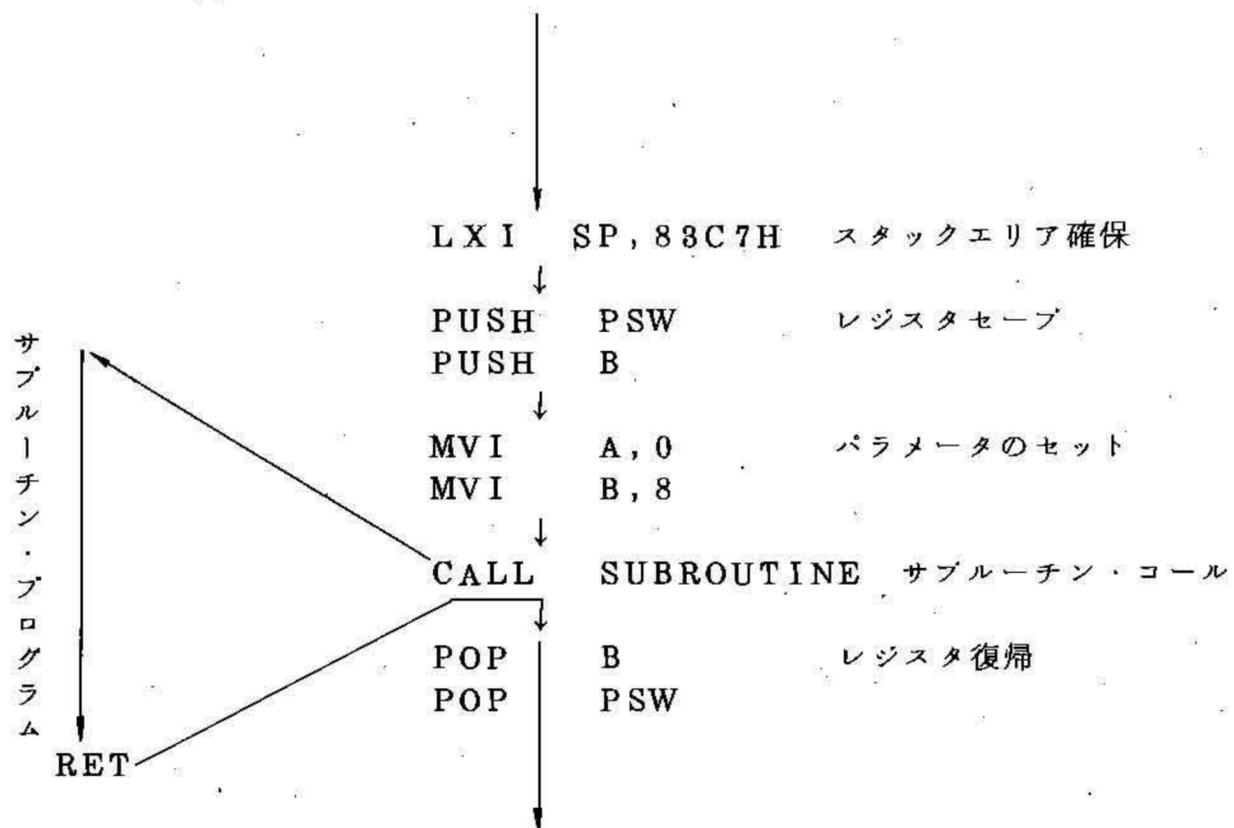
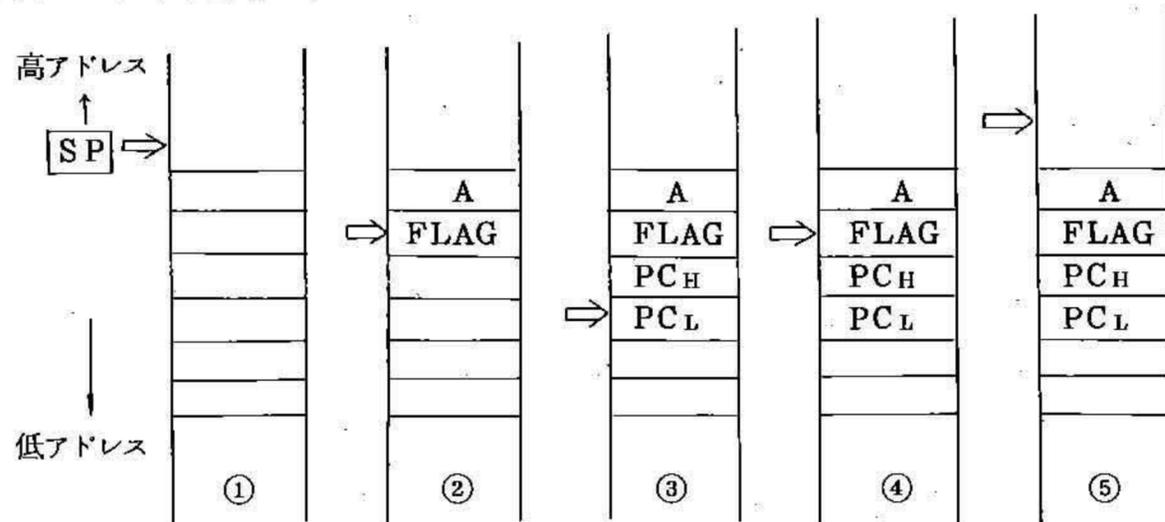
メインプログラムからサブルーチンをコールした場合，サブルーチンでの処理が終了した場合のもどり番地（リターンアドレス）を記憶しておくことが必要です．

このもどり番地は，サブルーチンがコールされたときに，スタックポインタが指しているプッシュ・ダウン・スタックに自動的に書き込まれて，サブルーチンの終わりでＲＥＴ（リターン）命令を実行すると，引用されてもとのプログラムに戻ることができます．なおユーザプログラムの中でスタックポインタを操作する命令を使った場合には別の注意が必要です．

プログラムを RUN キーで走らせた直後のスタックポインタは83C7にセットされています.

またサブルーチンをコールする場合，その入出力条件というものを常に考えておかなければなりません.

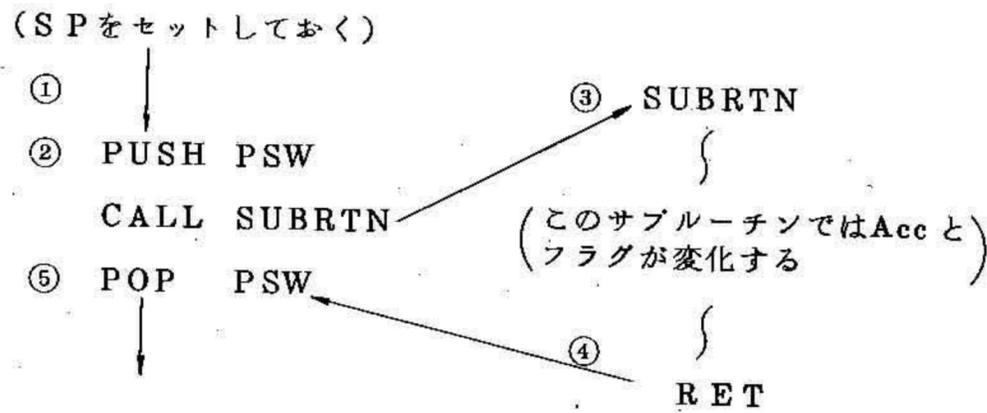
つまりサブルーチンを実行する際，サブルーチン内で使うデータのセット方法やサブルーチン内で処理された結果得られたデータのセット状態，またサブルーチン内で値が破壊されてしまうレジスタは何か，というようなことを調べた上で必要なデータを得るとともに，メインルーチンで必要なデータがサブルーチン内で破壊されないような対策をこうずる必要があります.

図4－2　サブルーチン・コールの手続き例

(1) 基本的なスタック操作の例

① SPはスタックの開始アドレスを示しています.

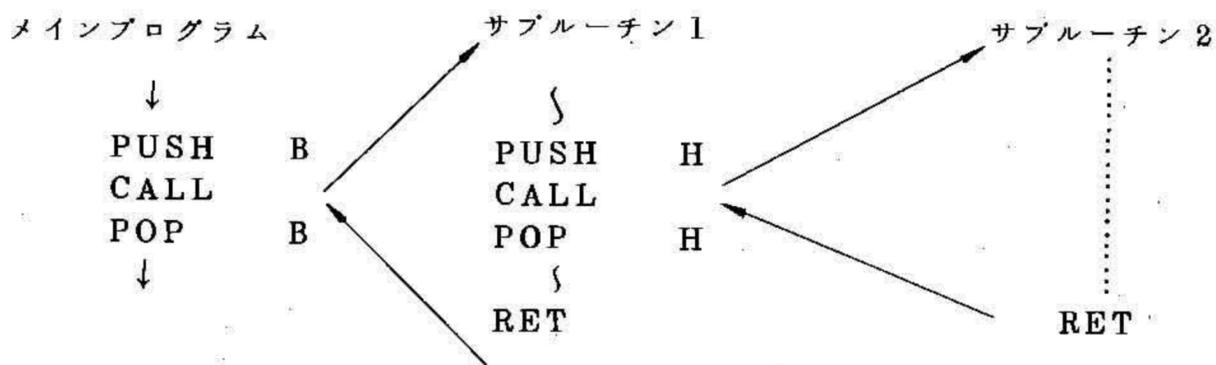
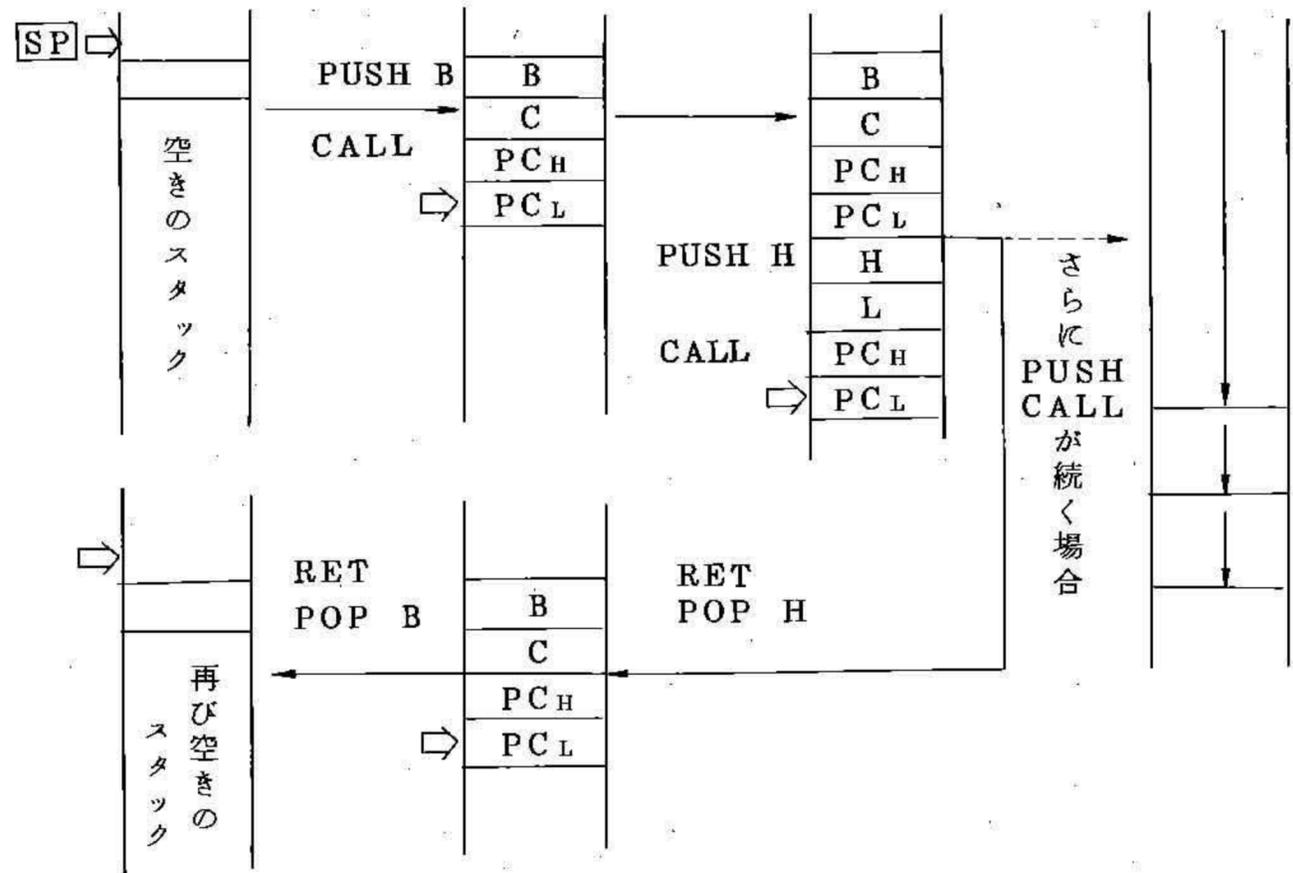
② Accとフラグがスタックに書かれ，SPは（－2）されます.

③ 戻り番地がスタックに書かれ，SPは（－2）されます.

④　戻り番地が引用され，ＳＰは（＋２）されます．

⑤　Ａｃｃとフラグが復帰され，ＳＰは（＋２）されます．

このプログラムでは，サブルーチン処理した後もＡｃｃとフラグの内容を破壊させないために，サブルーチンに入る直前にスタックに退避させ，戻ってからすぐ復帰させています．ここでスタックポインタは，図の①～⑤のように動きます．このような動きをするスタックをプッシュ・ダウン・スタックと呼びます．

μＰＤ８０８０Ａでは，スタックに書き込む（ＰＵＳＨ命令を実行する）とスタックポインタ(SP)の値は自動的に２番地デクリメントされ，スタックから読み出す（ＰＯＰ命令を実行する）と，逆に２番地インクリメントされます．従ってＰＵＳＨ命令やＣＡＬＬ命令を続けて実行させると，スタックの先頭番地はどんどん下がってきます（スタックが深くなるといいます）が，ＰＯＰ，ＲＥＴ命令を同じ回数だけ実行するとスタックの先頭アドレスは元に戻り，スタックの内容は空になります．この様子を図示すると図４－３のようになります．

図４－３

4.3 サブルーチンの機能説明

次に示す7つのサブルーチンについてこれから説明します.　スタート番地

- セグメントデータ変換サブルーチン　01C0
- アドレスレジスタ，データレジスタ表示サブルーチン　01A1
- キー入力サブルーチン(1)　0223
- キー入力サブルーチン(2)　0216
- シリアル出力サブルーチン　027C
- シリアル入力サブルーチン　02A0
- タイマ・サブルーチン　D1 4.5112mS 02DD　D2 9.0176mS 02EA　D3 27.0176mS 02EF

4.3.1 セグメントデータ変換サブルーチン

(1) サブルーチン名

SEGCG

(2) スタート番地

01C0番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ　なし

出力パラメータ　なし

使用レジスタ　A，F，B，C，D，E，H，L

使用スタック　2レベル

(4) 機　能

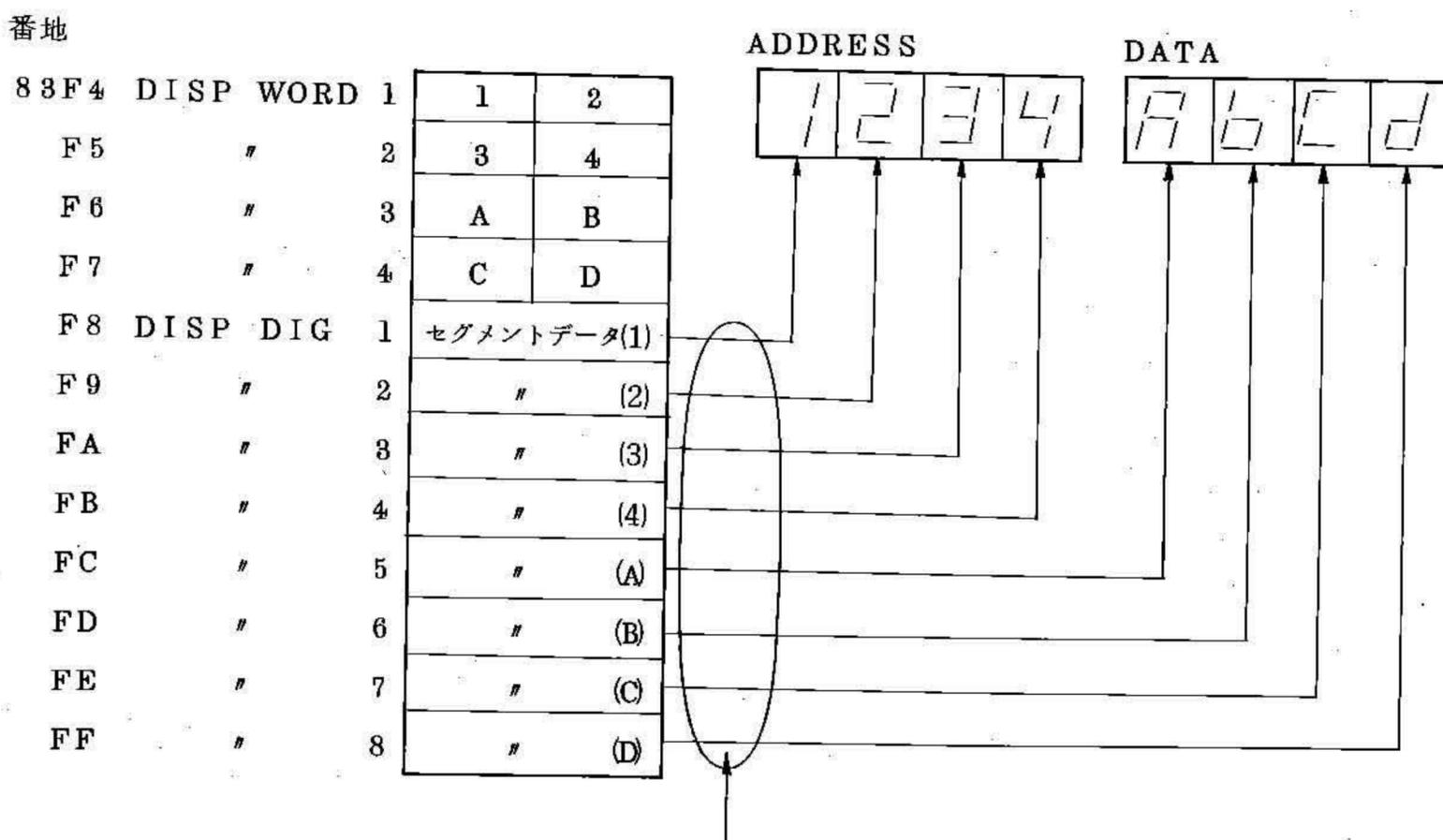
ディスプレイ・レジスタ・エリアの4ワードに格納されているデータの上位4ビット，下位

4ビットを各々16進とみなして，LEDの7セグメントデータに変換し，セグメント・データ・バッファに転送します．

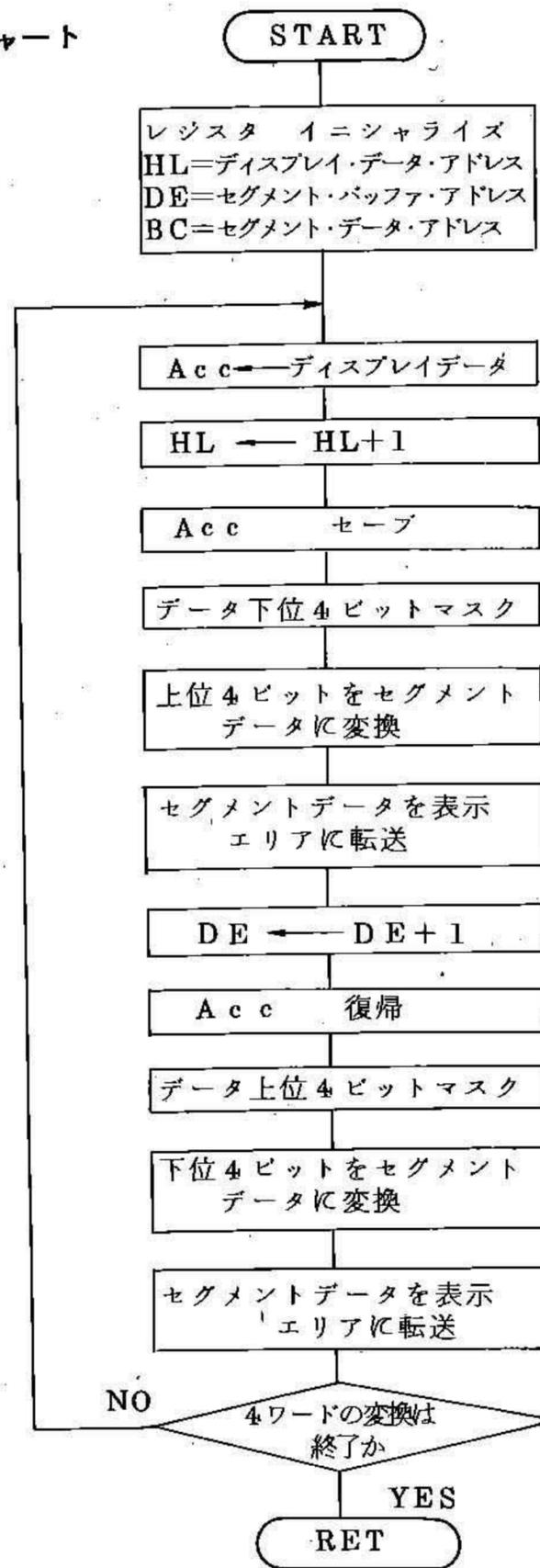
従って16進数をLEDに表示させたい場合には，表示したい数値をディスプレイ・レジスタ・エリアにセットしてから，このサブルーチンをコールするだけですみます．

各レジスタおよびLEDディスプレイにおけるデータ転送の関係は，次のようになっています．

（ディスプレイ・レジスタ）　　　　　　データ変換　（セグメント・データ・バッファ）

DISP WORD1〔上位4ビット〕…………→ DISP DIG1
DISP WORD1〔下位4ビット〕…………→ DISP DIG2
DISP WORD2〔上位4ビット〕…………→ DISP DIG3
DISP WORD2〔下位4ビット〕…………→ DISP DIG4
DISP WORD3〔上位4ビット〕…………→ DISP DIG5
DISP WORD3〔下位4ビット〕…………→ DISP DIG6
DISP WORD4〔上位4ビット〕…………→ DISP DIG7
DISP WORD4〔下位4ビット〕…………→ DISP DIG8

セグメントの組み合わせに変換されたデータは，1桁ずつ周期的に表示回路に送られLEDをダイナミック点灯しています．

TK－80ではDMA（ダイレクト・メモリ・アクセス）転送という方式を用いていますので，この処理はプログラムを書かなくても自動的に行われます．

(5) フローチャート

(6) 使用例

```
8200  MVI   A,1     3E01     ┐
8202  STA   83F4H   32F483   │
8205  MVI   A,23H   3E23     │
8207  STA   83F5H   32F583   │ ①
820A  MVI   A,45H   3E45     │
820C  STA   83F6H   32F683   │
820F  MVI   A,67H   3E67     │
8211  STA   83F7H   32F783   ┘
8214  CALL  SEGCG   CDC001     ②
8217  HLT           76
```

① 表示したいデータをディスプレイ・レジスタにセットします.

② 変換ルーチンをコールします.

このプログラムでLED表示部には, 01234567 が表示されます.

備考　データの種類が何であっても,必ず0〜Fまでの16進数として表示されます.

4.3.2 アドレスレジスタ,データレジスタ表示サブルーチン

(1) サブルーチン名

RGDSP

(2) スタート番地

01A1番地

(3) 入出力条件

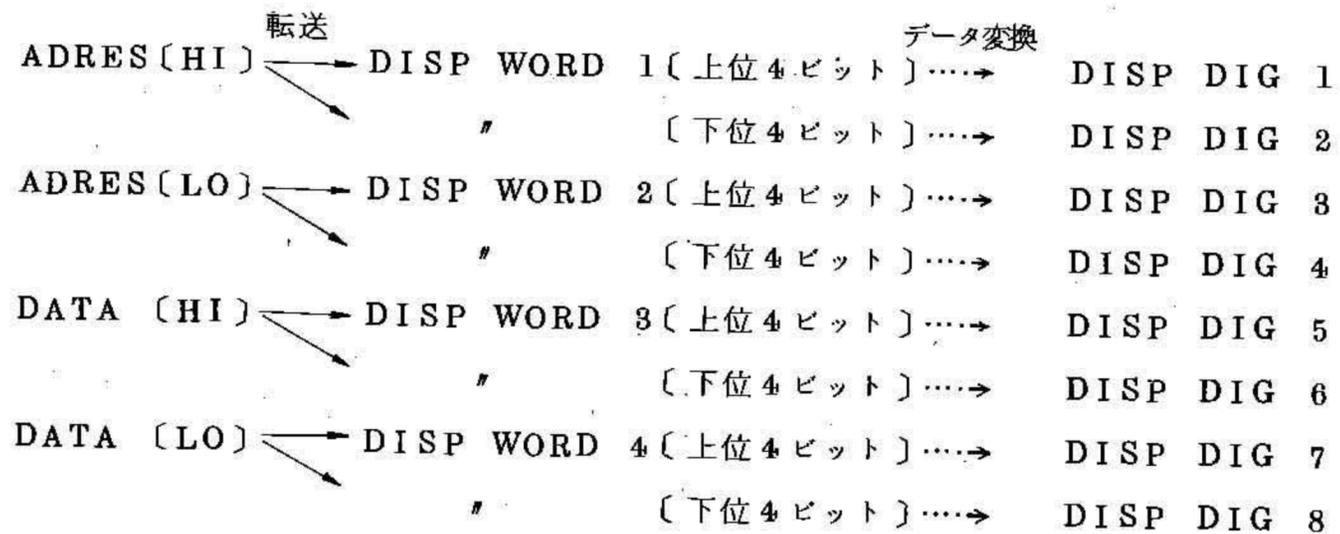
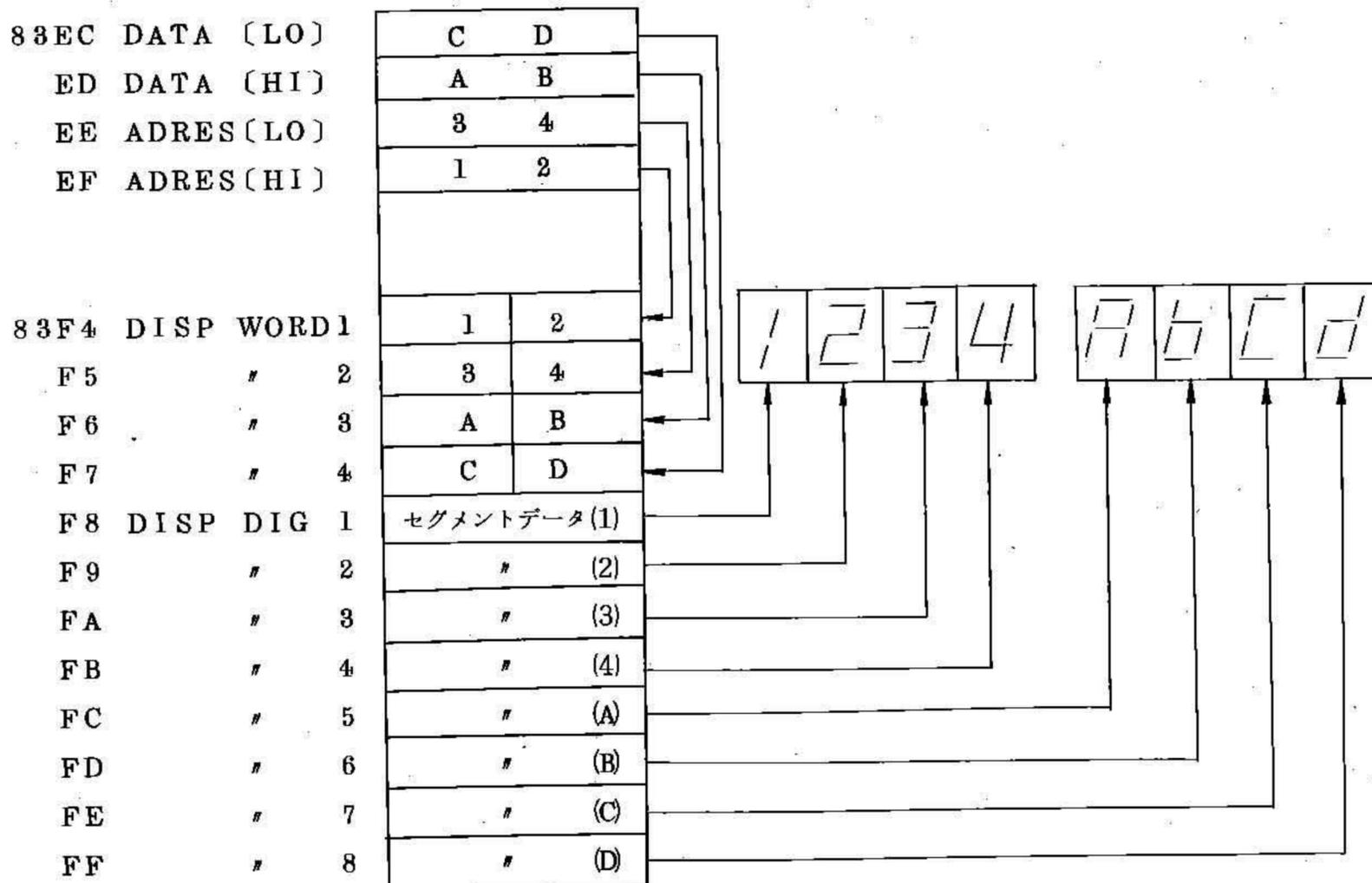
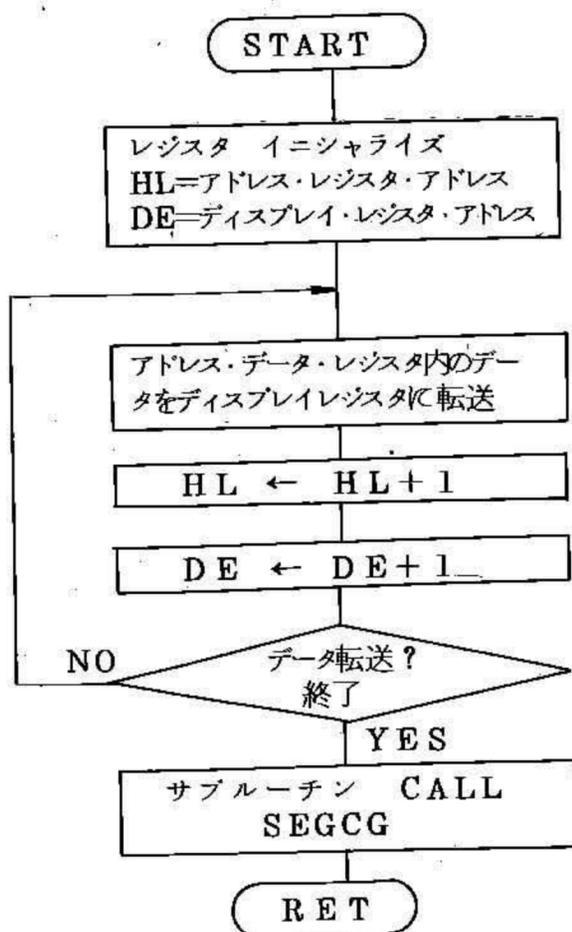
入力パラメータ	なし
出力パラメータ	なし
使用レジスタ	A, F, B, C, D, E, H, L
使用スタック	3レベル

(4) 機　能

アドレスレジスタおよびデータレジスタにセットされているデータをディスプレイ・レジスタに転送し,さらに各データの上位4ビット,下位4ビットを各々16進数として各々セグメントデータに変換して,セグメント・データ・バッファに転送します.

これにより,アドレスレジスタおよびデータレジスタにセットされているデータを,LEDディスプレイに表示させることができます.

各レジスタおよびLEDディスプレイにおけるデータ転送の関係は,次のようになっています.

	転送		データ変換	
ADRES〔HI〕	→	DISP WORD 1〔上位4ビット〕	……→	DISP DIG 1
	↘	〃〔下位4ビット〕	……→	DISP DIG 2
ADRES〔LO〕	→	DISP WORD 2〔上位4ビット〕	……→	DISP DIG 3
	↘	〃〔下位4ビット〕	……→	DISP DIG 4
DATA〔HI〕	→	DISP WORD 3〔上位4ビット〕	……→	DISP DIG 5
	↘	〃〔下位4ビット〕	……→	DISP DIG 6
DATA〔LO〕	→	DISP WORD 4〔上位4ビット〕	……→	DISP DIG 7
	↘	〃〔下位4ビット〕	……→	DISP DIG 8

(5) フローチャート

(6) 使用例

ＨＬレジスタの内容をアドレス・ディスプレイに，ＤＥレジスタの内容をデータ・ディスプレイに表示します．

8200	LXI	H,1234H	21 34 12
	LXI	D,0ABCDH	11 CD AB
	SHLD	ADRES	22 EE 83
	XCHG		EB
	SHLD	DATA	22 EC 83
	CALL	RGDSP	CD A1 01
	HLT		76

ADRES ： 83EE番地
DATA ： 83EC番地
RGDSP ： 01A1番地

LEDディスプレイの表示は次のようになります．

4.3.3 キー入力サルブーチン（1）

(1) サブルーチン名

INPUT

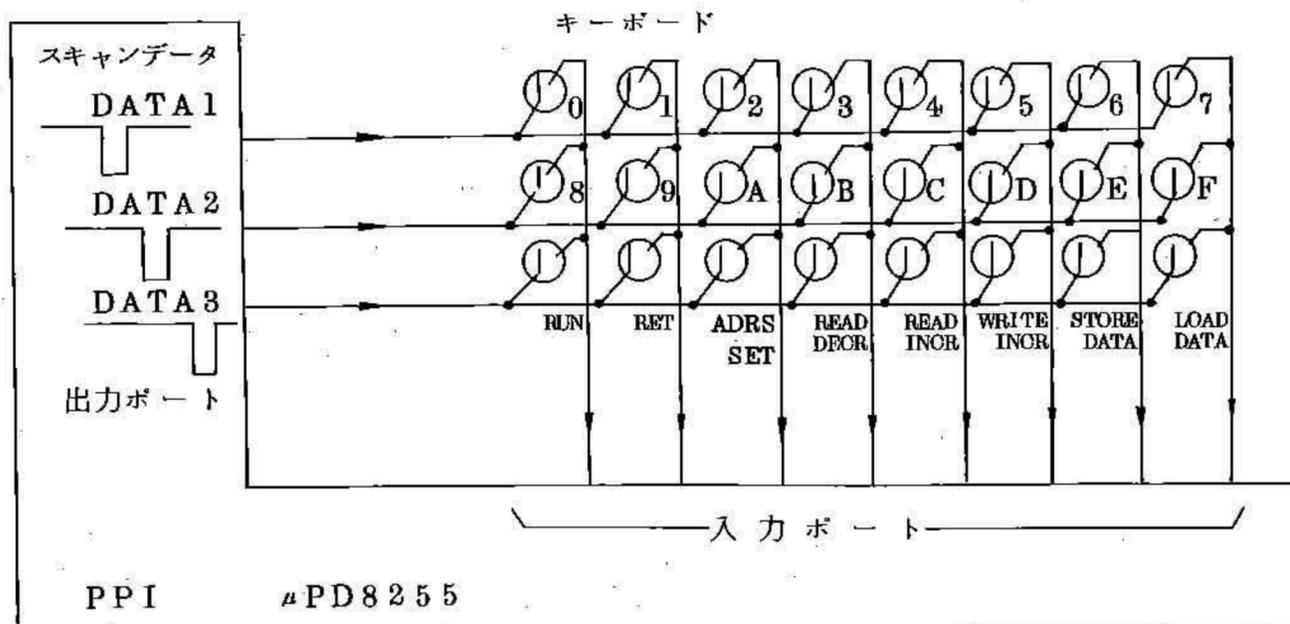
(2) スタート番地

0223番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ	なし	
出力パラメータ	キー入力なし	A＝FF
		キークラブ＝00（83F3番地）
	キー入力あり	A＝入力データ〔HEXA〕
		キークラブ＝FF（83F3番地）
使用レジスタ	A，F，B，D，E	
使用スタック	1レベル	

(4) 機　能

キー入力があるかどうかを，すべてのキーボードスイッチについて1回ずつ調べます．(実際は次の図のように3つのブロックごとに8キー同時に調べます)．

１回のスキャンニングにおいて，どのキーボード・スイッチも押されていない場合は，キーフラグをリセットした後，アキュムレータにデータ〝ＦＦ〟をセットし，リターンします．

１回のスキャンニングにおいて，キーボード・スイッチが押されていることが検出された場合，キーフラグをセンスして，新しく押されたキーかどうかを調べます．

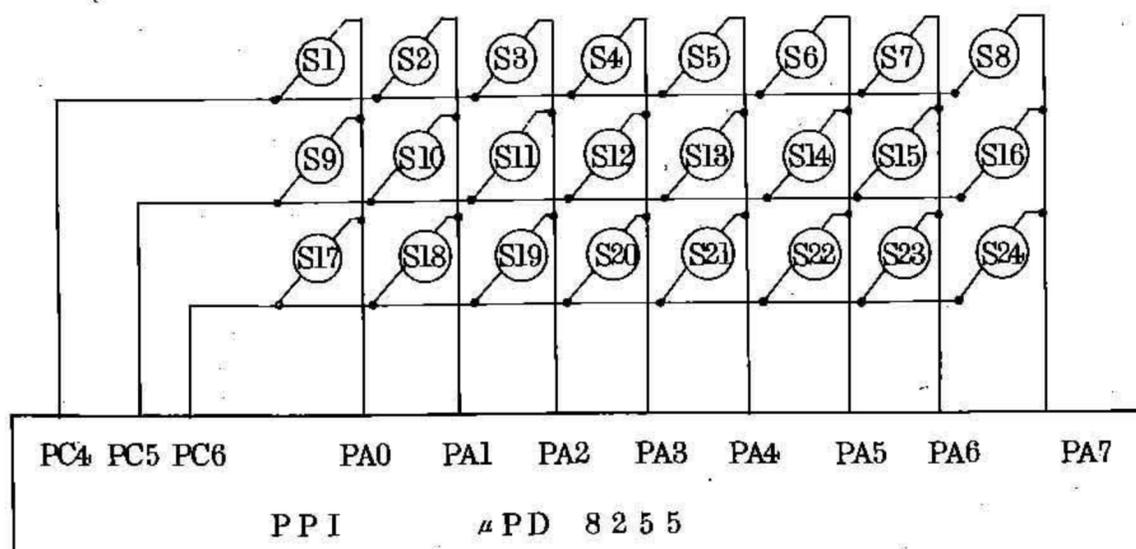
もしこれが前から押し続けられているものであった場合，離されるまで待ち，離されるとキーフラグをリセットした後アキュムレータにデータ〝ＦＦ〟をセットしてリターンします．

またこれが今回はじめて押されたものである場合は，チャタリング・タイマの設定時間だけ待ち合わせた後，アキュムレータにはキー入力の位置に対応した１６進データをセットし，キーフラグをセットした後リターンします．

このサブルーチンを使用すれば，プログラムに何らかの処理を実行させながら，キーの状態をモニタすることができます．

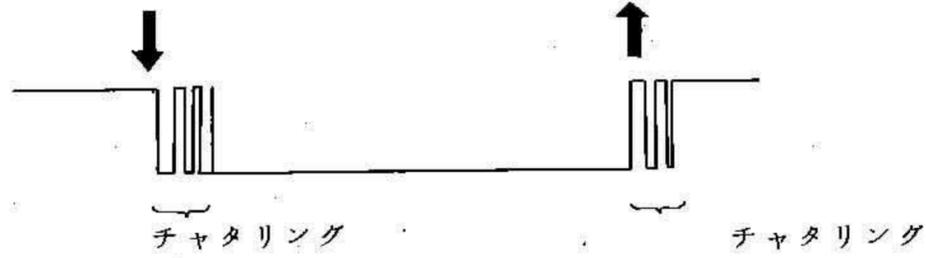
キーボードをセンスした場合，ＣＰＵにはキーが押されていない場合は，〝ＦＦ〟（すべてのビットに〝１〟が立っている），キーが押されている場合は，押されたキーに対応するビットだけが，〝０〟となっているデータが読み込まれます．

本サブルーチンでは，キーが押されていることが検出されると，そのキーに対応する１６進データに変換します．

キーボードスイッチと変換されるデータとの関係は次のようになります．

	DIGIT & FUNCTION	HEXA DATA
S1	0	00
2	1	01
3	2	02
4	3	03
5	4	04
6	5	05
7	6	06
8	7	07
9	8	08
10	9	09
11	A	0A
12	B	0B
13	C	0C
14	D	0D
15	E	0E
16	F	0F
17	RUN	10
18	RET	11
19	ADRS SET	12
20	READ DECR	13
21	READ INCR	14
22	WRITE INCR	15
23	STORE DATA	16
24	LOAD DATA	17

備考　キースイッチに付けられている数字とファンクション名は，モニタプログラムで解釈される意味に合わせてありますが，キーの位置とその意味付けは，プログラムの処理のみで決まるものですから，同じキーに違った意味をもたせて使用することもできます.

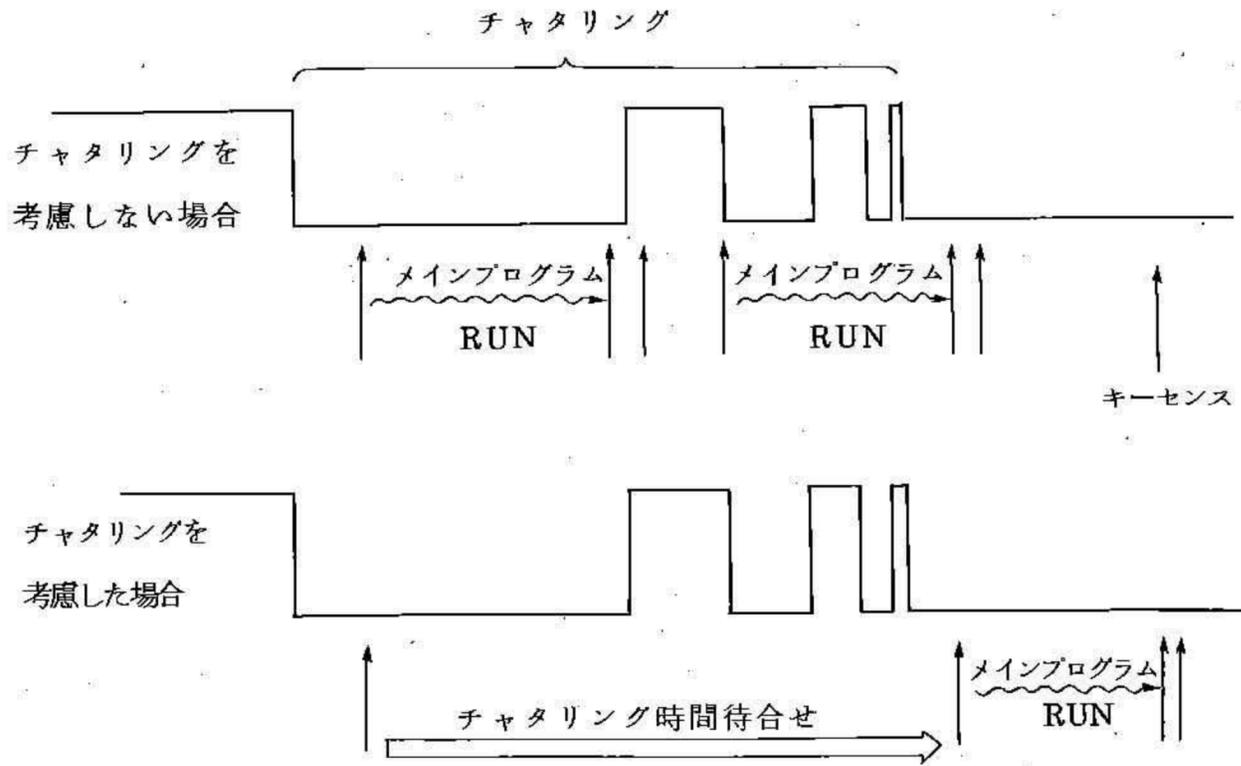
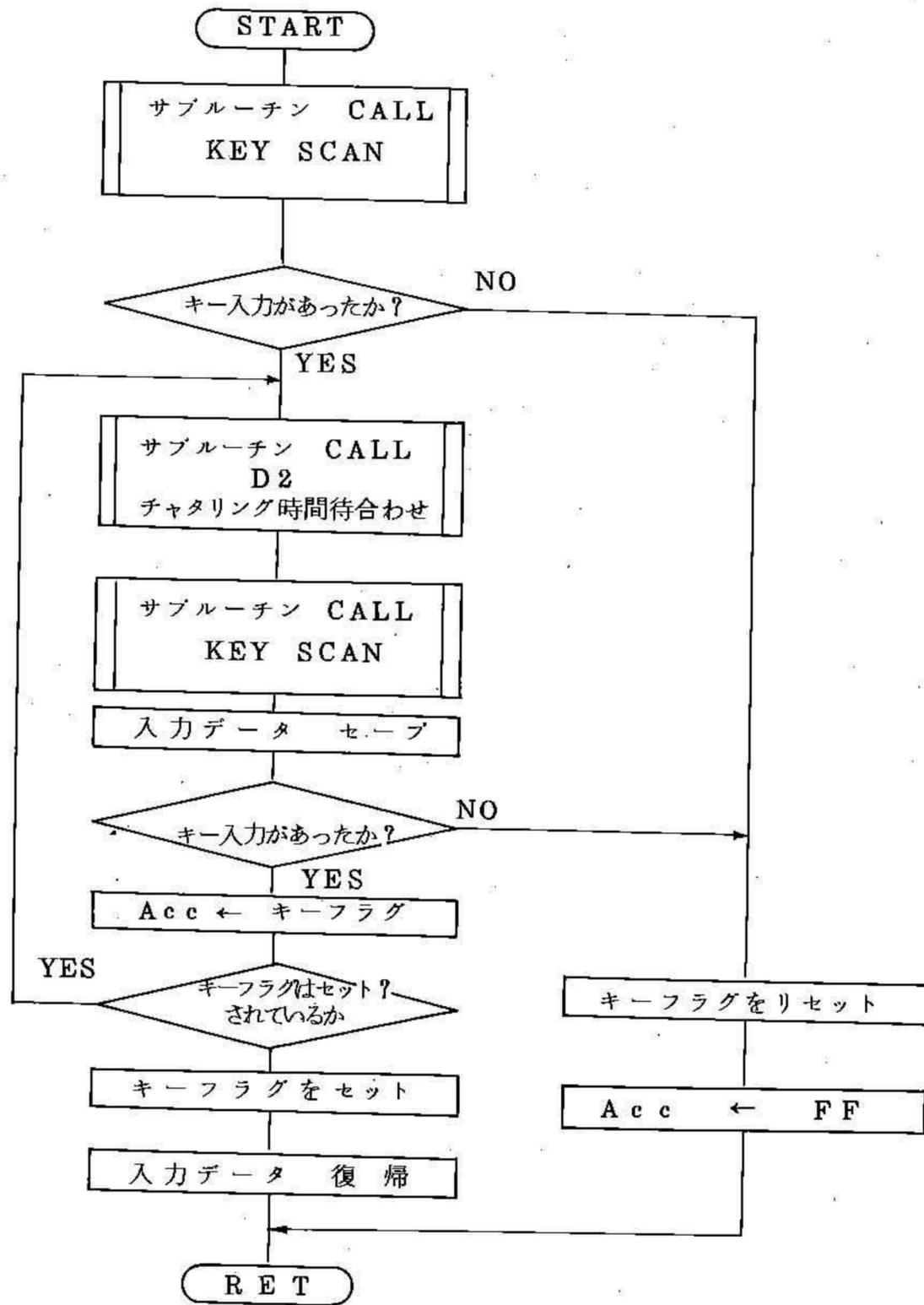
キー・チャタリングをどのように処理しているか

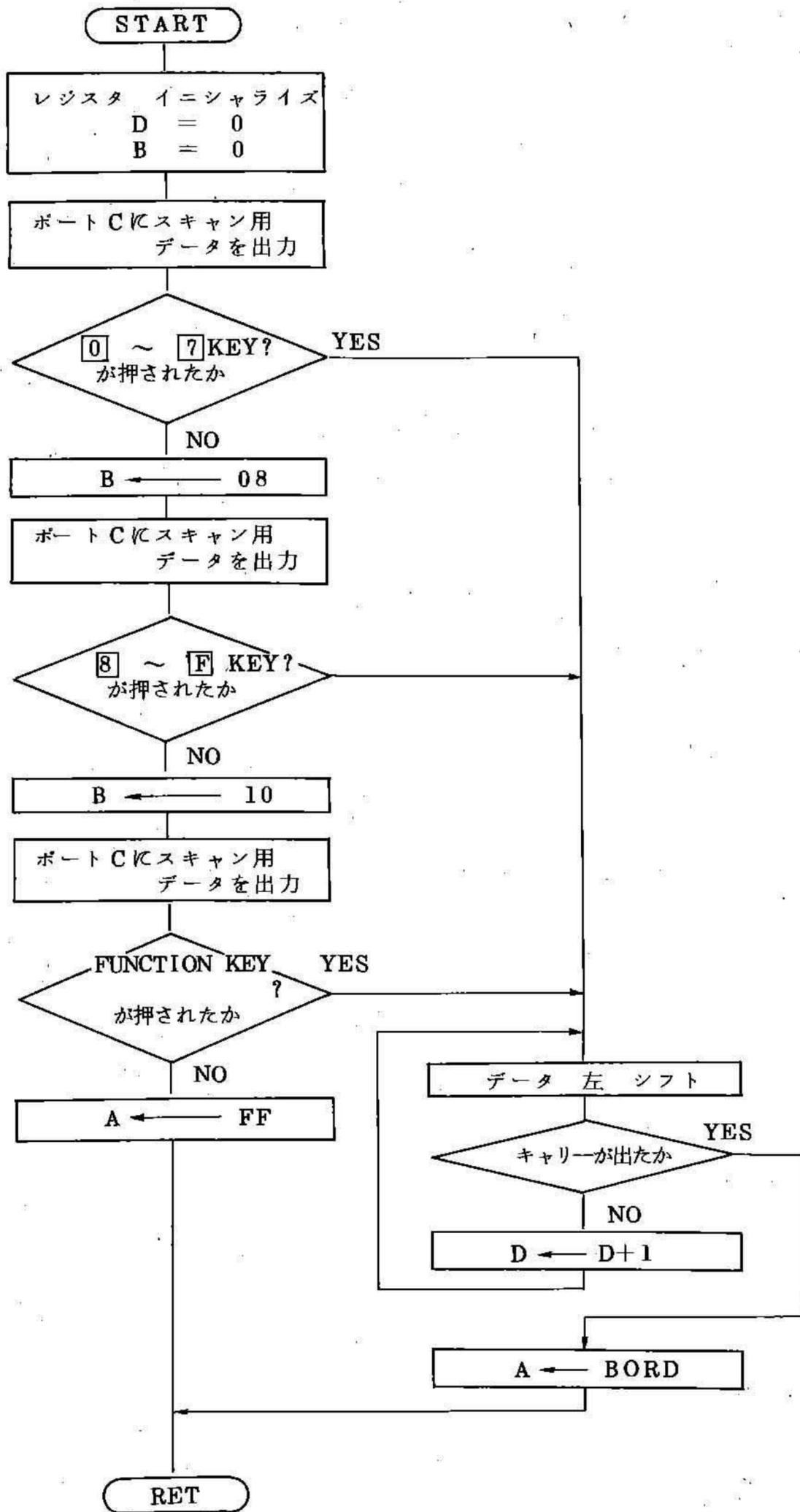
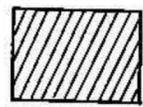
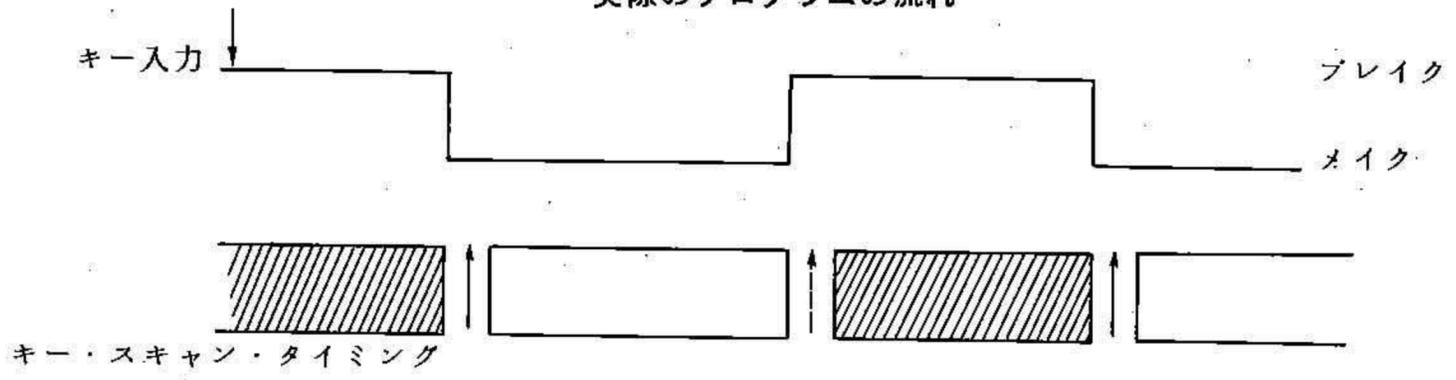
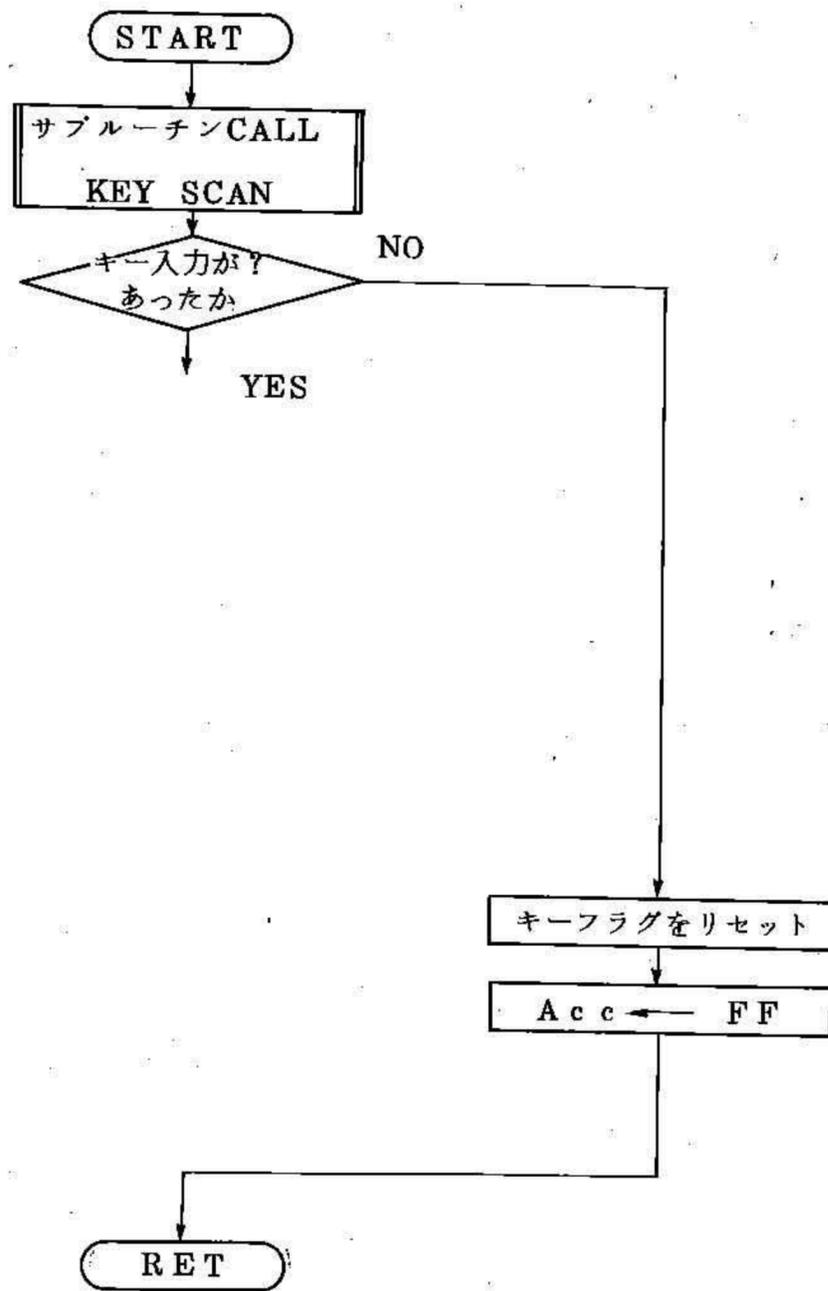
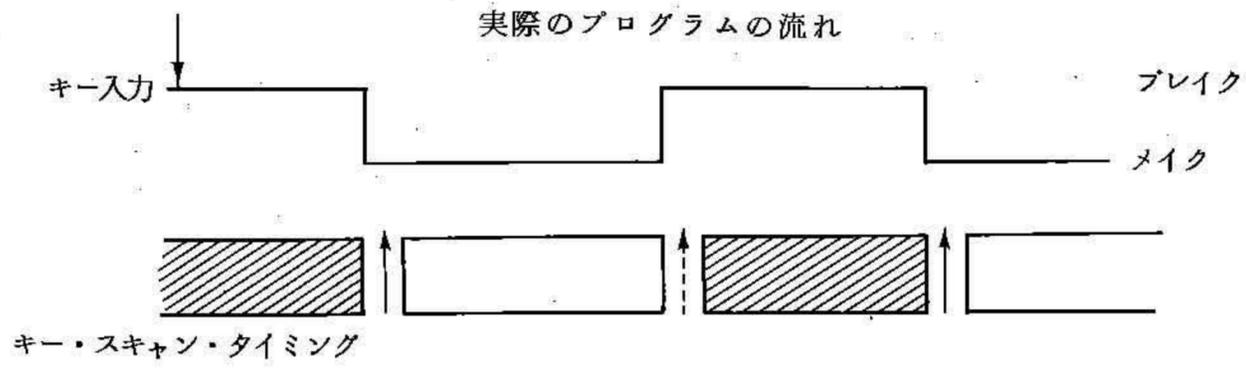
メカニカルタイプのスイッチでは，その操作時に必ずチャタリングが生じます．

本キットで使用しているキーボードスイッチのチャタリング時間は，最大5msec となっています．

このサブルーチンでは，このチャタリングを考慮してキー入力を検出すると，チャタリングの時間を待ち合わせ，もう一度キーセンスを行うことによって，チャタリング時間中にプログラムが走り出さないようになっています．

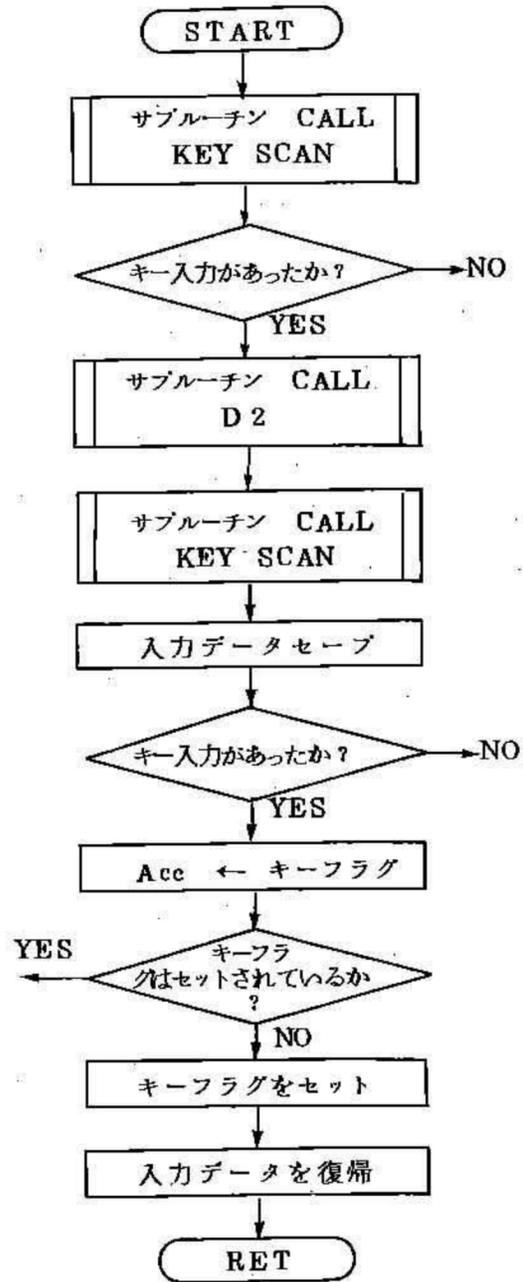
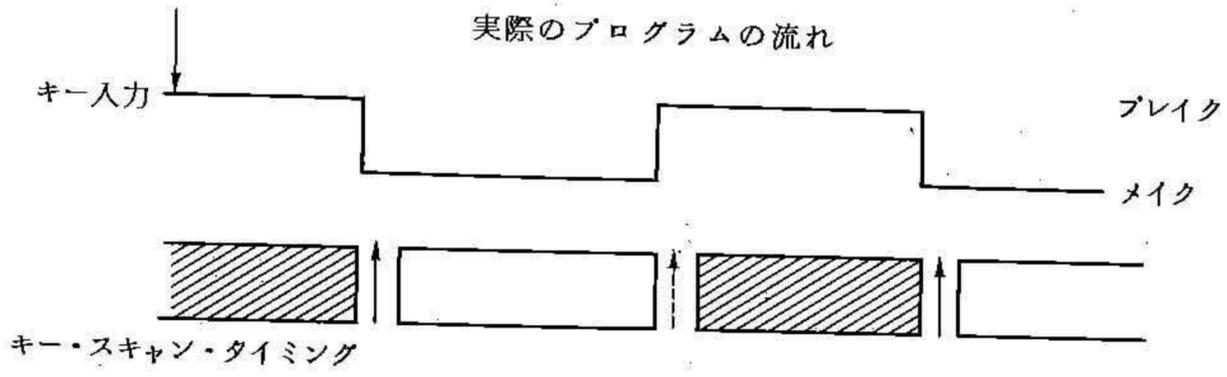
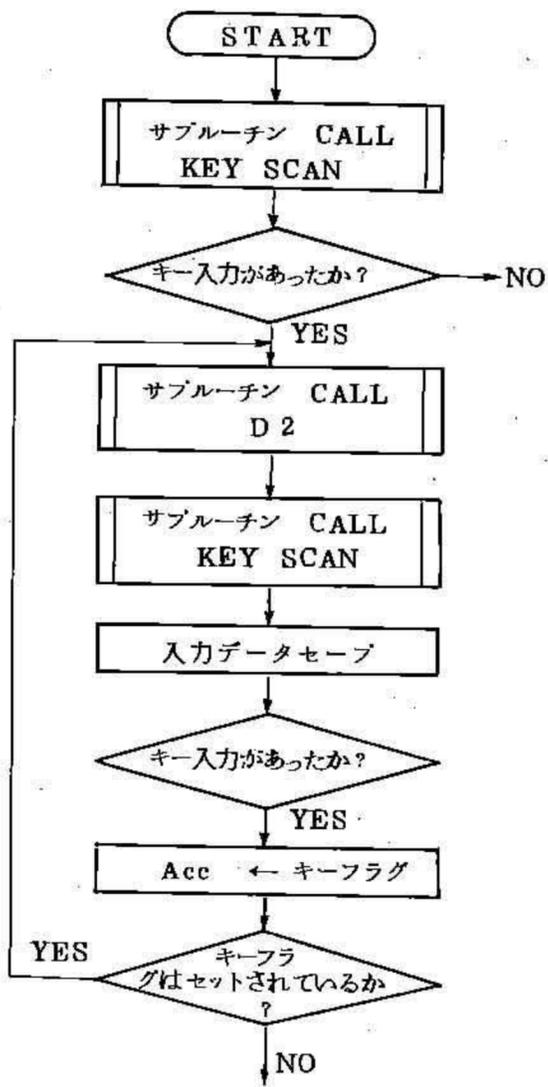
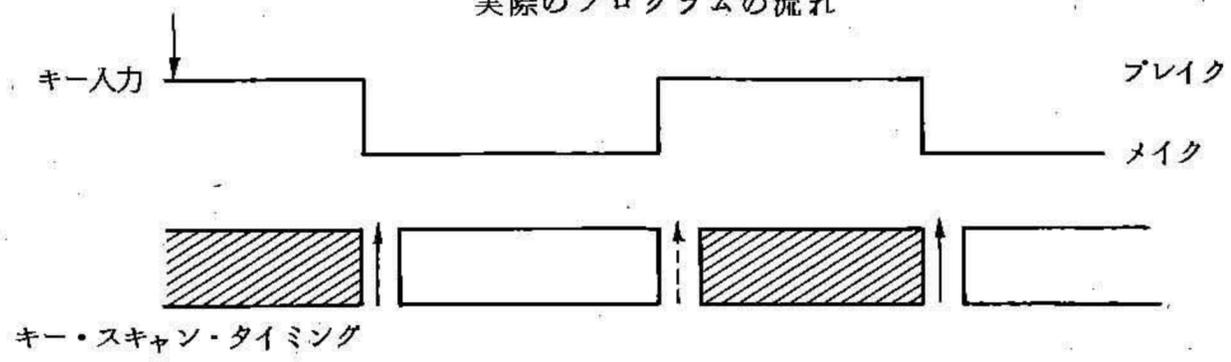
これを行わない場合，次の図のように一度しかキーを押さないのに，2度以上動作を行ってしまう可能性があります．

(5) フローチャート

START
サブルーチン CALL
KEY SCAN
キー入力があったか？
NO
YES
サブルーチン CALL
D2
チャタリング時間待合わせ
サブルーチン CALL
KEY SCAN
入力データ セーブ
キー入力があったか？
NO
YES
Acc ← キーフラグ
YES
キーフラグはセットされているか？
キーフラグをセット
入力データ 復帰
キーフラグをリセット
Acc ← FF
RET

キースキャンサブルーチン　KEY SCAN

実際のプログラムの流れ
キー入力
ブレイク
メイク
キー・スキャン・タイミング
領域でキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ
START
サブルーチンCALL
KEY SCAN
キー入力が？あったか
NO
YES
キーフラグをリセット
Acc ← FF
RET

"↑"のあるタイミングでキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ（はじめてキーが押された場合）

実際のプログラムの流れ
キー入力
ブレイク
メイク
キー・スキャン・タイミング
領域でキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ

START
サブルーチン CALL
KEY SCAN
キー入力があったか?
NO
YES
サブルーチン CALL
D 2
サブルーチン CALL
KEY SCAN
入力データセーブ
キー入力があったか?
YES
Acc ← キーフラグ
YES
キーフラグはセットされているか?
NO

このタイミングでキースキャンが行われた場合のプログラムの流れ（キーが離された時）

(6) 使用例

```
8200       XRA   A          AF
           LXI   SP,83C6H   31 C6 83
           STA   83ECH      32 EC 83
           PUSH  PSW        F5
           CALL  RGDSP      CD A1 01
           CALL  WAIT       CD 1C 82
           POP   PSW        F1
           INR   A          3C
           PUSH  PSW        F5
           CALL  INPUT      CD 23 02
           INR   A          3C
           JNZ   8228H      C2 28 82
           POP   PSW        F1
           JMP   8201H      C3 01 82
821C WAIT  LXI   D,0FFFFH   11 FF FF
           DCR   E          1D
           JNZ   $-1        C2 1F 82
           DCR   D          15
           JNZ   $-5        C2 1F 82
           RET              C9
8228       CALL  INPUT      CD 23 02
           JMP   8200H      C3 00 82
```

この例は，データレジスタの下位2桁にカウンタを構成しています．この時，キーボードのいずれかのキー（RESETは除く）が押された場合カウントを停止し，再びはなされた時にカウンタをリセットした後，カウントアップを始めるというプログラムです．

カウント動作時にこのキー入力サブルーチン(1)をコールして，キーが押されたかどうかをモニタしています．また，キーが押されると8228H番地にジャンプし，ここのキー入力サブルーチン(1)内でそのキーがはなされるまで待ち合わせて最初にもどります．

4・3・4 キー入力サブルーチン(2)

(1) サブルーチン名

KEYIN

(2) スタート番地

0216番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ　　なし

出力パラメータ　Acc＝入力データ

〔HEXA〕

キーフラグセット

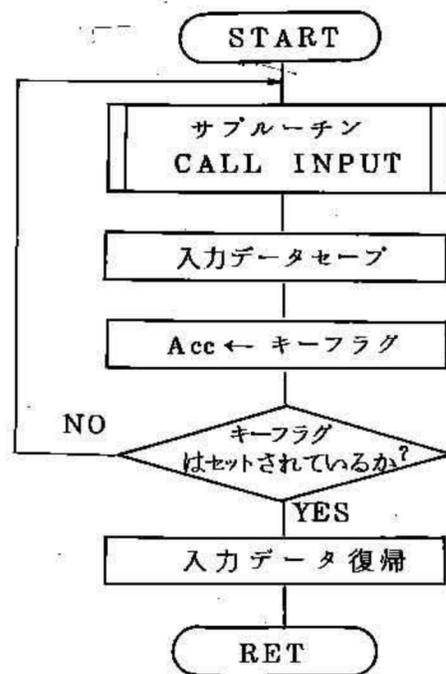
使用レジスタ　A，F，B，D，E

使用スタック　2レベル

(4) 機　能

このキー入力サブルーチンにおいては，キーボードスイッチがはじめて押されたことが検出されるまで，このルーチンの中でキースキャンを繰り返します．

キーボード・スイッチが押されたことが検出されたら抜け出ます．このときの処理は，4.3.3 キー入力サブルーチン(1)と全く同じです．

(5) フローチャート

4．3．5　シリアル出力サブルーチン

(1) サブルーチン名

SRIOT

(2) スタート番地

027C番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ　Acc＝出力データ

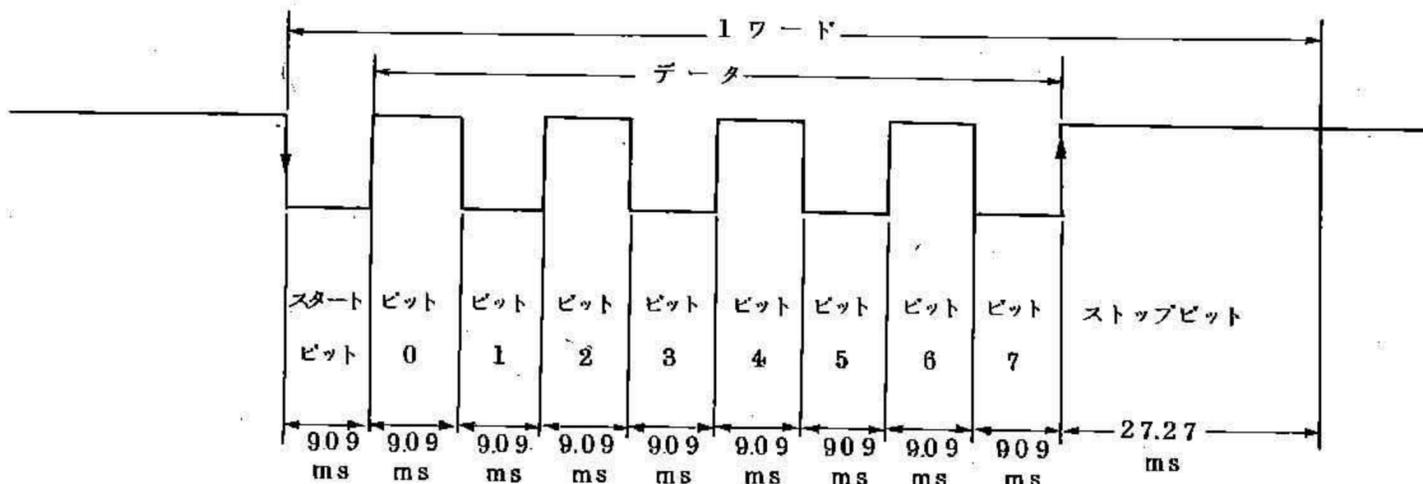
出力パラメータ　なし

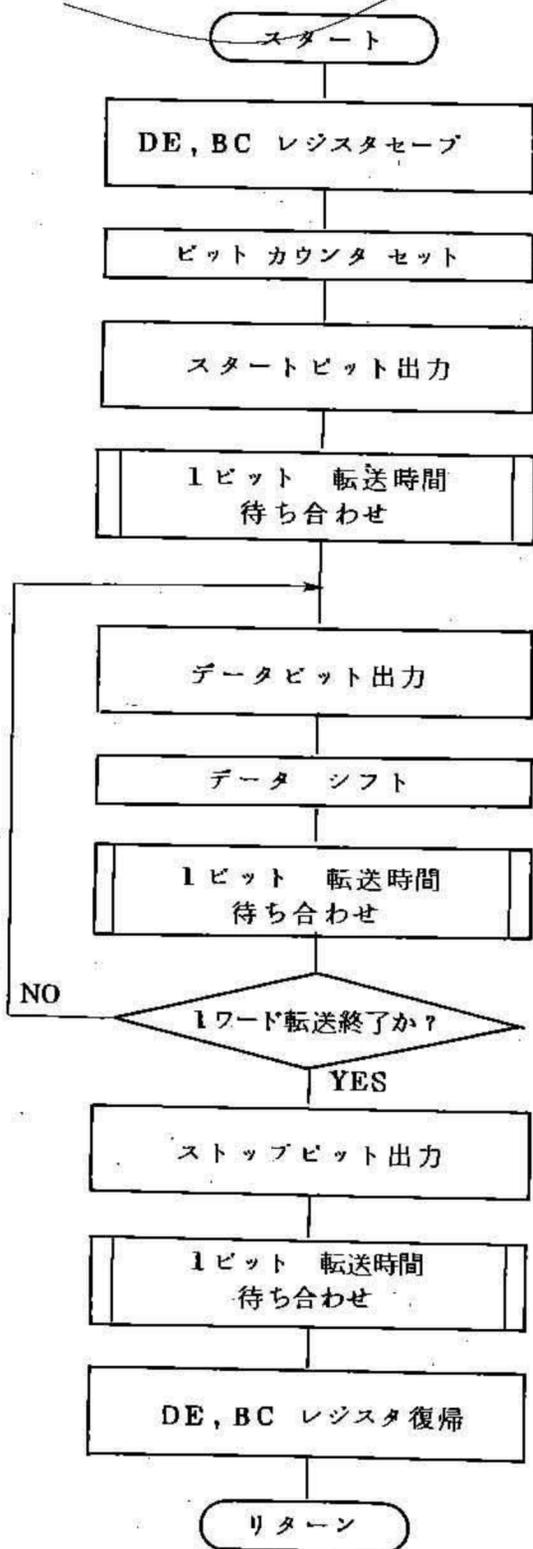
使用レジスタ　A

使用スタック　3レベル

(4) 機　能

Accに格納されている8ビットのデータを次のフォーマットに従ってシリアルデータに変換して，PPI（μPD8255）のポートCの，PC0端子（14番ピン）に出力します．スピードはテレタイプの転送スピードの110ボードに合わせてあります．

シリアル転送フォーマット

上記の例は“55”というデータをシリアルに変換したものです(最下位のビットから順に送られます)．

(5) フローチャート

(6) 使用例

```
 MVI    B, 0       8200  0600
 LXI    H, 8000H   8202  210080
┌→MOV   A, M       8205  7E
│ CALL  SRIOT      8206  CD7C02
│ INX   H          8209  23
│ DCR   B          820A  05
└─JNZ   8205H      820B  C20582
 HLT               820E  76
```

8000~80FF番地までの256バイトの内容をシリアルに転送します.

4.3.6 シリアル入力サブルーチン

(1) サブルーチン名

SRIIN

(2) スタート番地

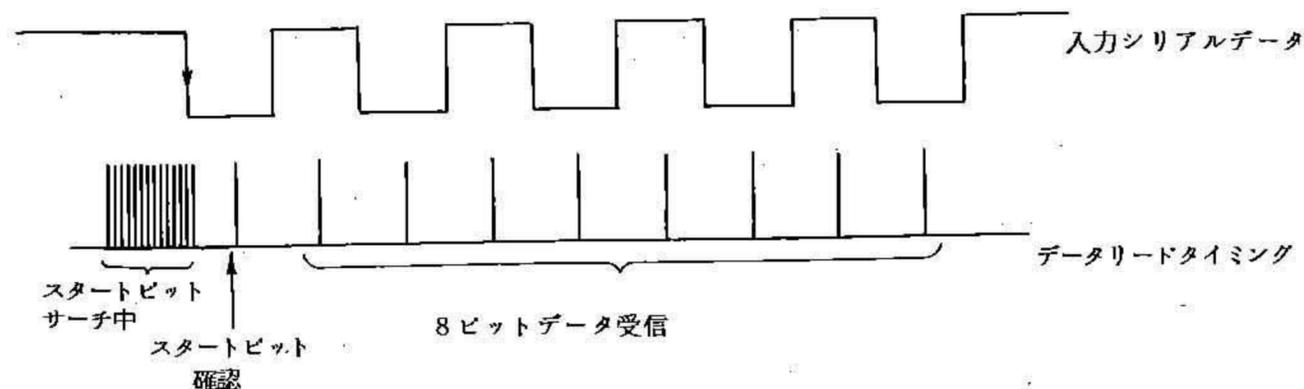
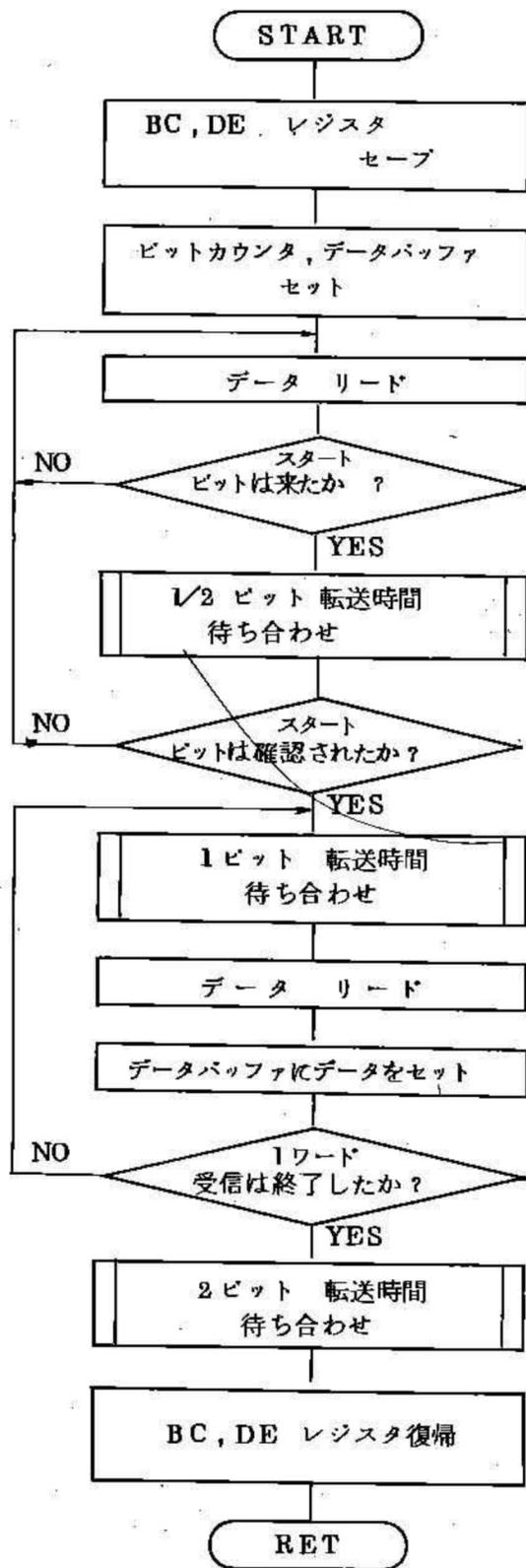
02A0番地

(3) 入出力条件

入力パラメータ	なし
出力パラメータ	Acc＝入力データ（8ビット）
使用レジスタ	A
使用スタック	3レベル

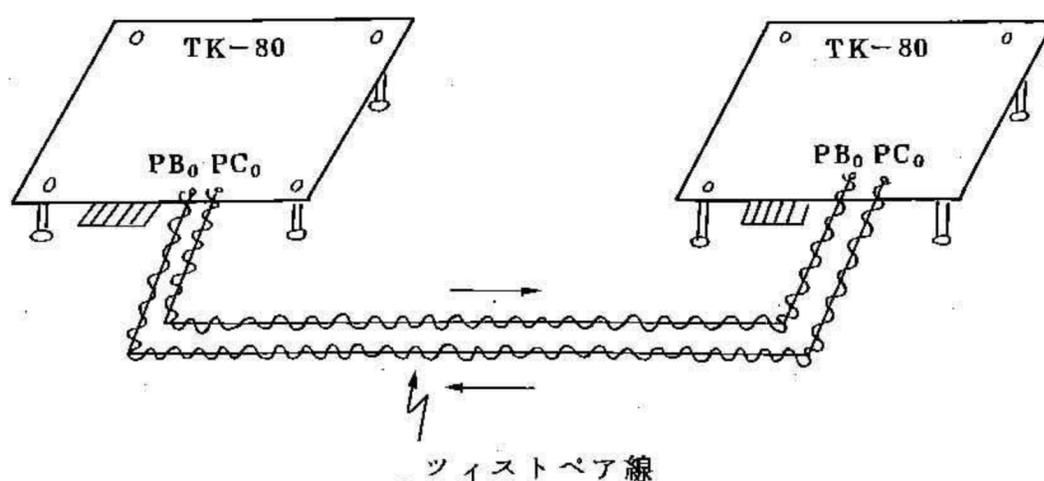
(4) 機　能

PPI（μPD8255）ポートB PB_0（18番ピン）に入力されるシリアルデータを受信して8ビットのデータに編集してアキュムレータにロードします.

PPIに入力されるシリアルデータは，スペースが"LOW"，マークが"HIGH"というレベルで入力します．サブルーチンでは，スタートビット（LOW）が来るまで待ち続け，スタートビットを受信すると，サブルーチン内のタイマプログラムによりインターバルタイムをカウントして，以降の8ビットのデータを受信します.

(5) フローチャート

(6) 使用例

連続して入ってくるデータをメモリの8100番地から次々と格納していきますが，"FF"というデータが入るとストップします．

```
LXI   H, 8100H    8000   210081
MVI   B, 0FFH     8003   06FF
CALL  SRIIN       8005   CDA002
MOV   M,A         8008   77
INX   H           8009   23
CMP   B           800A   B8
JNZ   $-6         800B   C20580
HLT               800E   76
```

(7) 応用例

シリアル入力とシリアル出力のサブルーチンを用いて，２台のTK－８０の間でデータの交換ができます．

ラインドライバ／レシーバを追加すれば，２台の距離は大きくできます．

４．３．７ タイマ・サブルーチン

(1) サブルーチン名

D1 ： 4.5112 msec タイマ

D2 ： 9.0176 msec タイマ

D3 ： 27.0176 msec タイマ

(2) スタート番地

D1 ： 02DD番地

D2 ： 02EA番地

D3 ： 02EF番地

(3) 入出力条件

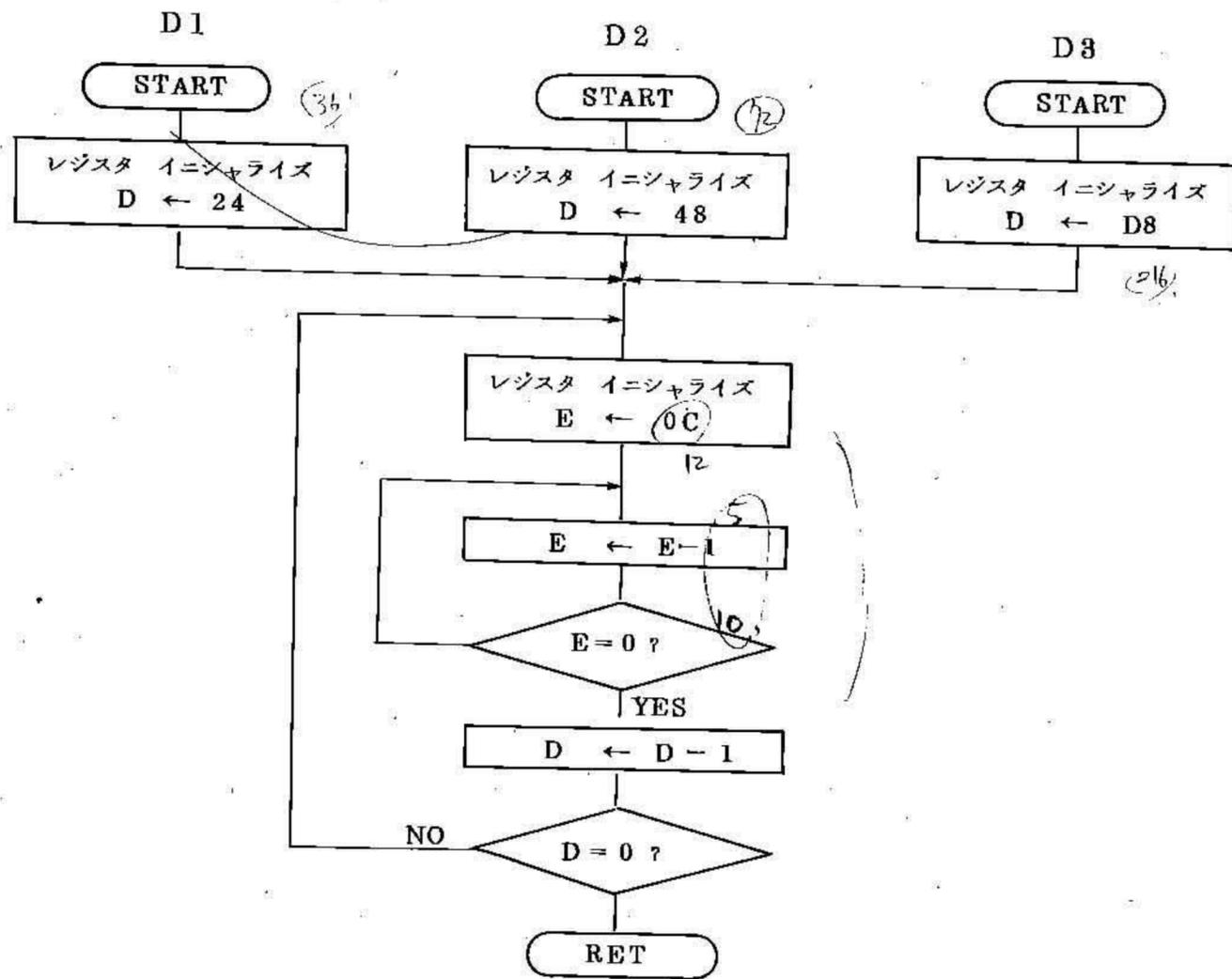
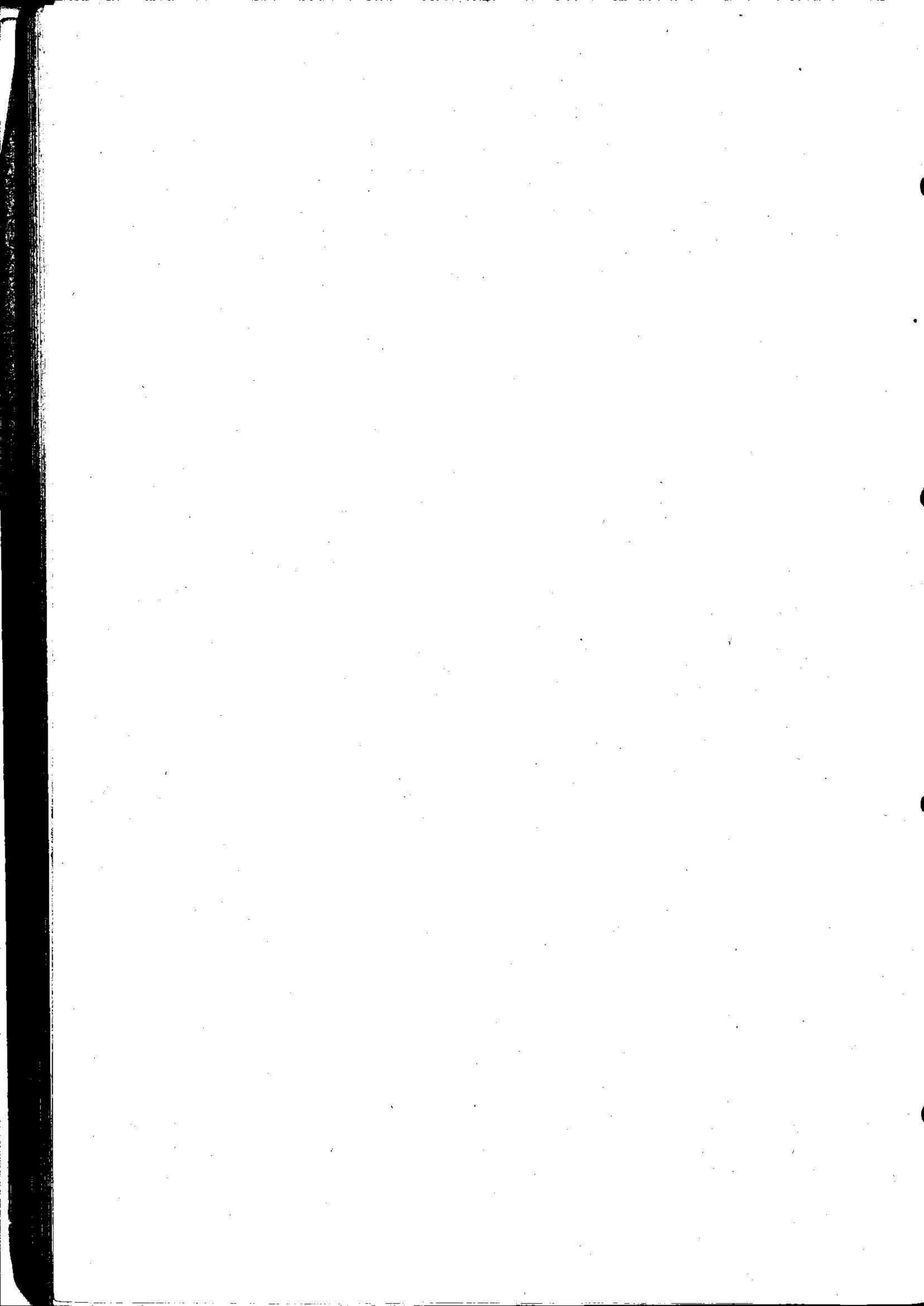
入力条件	なし
出力条件	なし
使用レジスタ	D，E
使用スタック	0レベル

(4) 機　能

ある処理とある処理との間に，これらのサブルーチンをコールすることにより，それらの処理間にコールしたサブルーチンに対応したインターバル・タイムをとることができます．

このサブルーチンは，イニシャライズされるレジスタの値により回数が決定されるループであり，そのループを通過するまでに CPU が費やす処理時間が，そのタイマ設定時間となります．

3つのサブルーチンは，シリアル入出力ルーチン（カセットルーチン）において，ビット間のインターバル・タイマとして使用しているため，その設定時間を D1は 1/2 ビット，D2は 1ビット，D3 は3ビットの転送間隔になるようにレジスタをイニシャライズしています．

(5) フローチャート

第5章　TK−80ハードウェア

本章では，TK−80がどのように設計され，ハードウェアとソフトウェアがどのように構成されているかを説明します．

基本的にはTK−80の設計に関して述べていますが，大部分が今後のシステム設計にも応用できるよう説明されていますので，本章を理解された方は，次にあなたのシステムを自分で設計することができるようになっていることでしょう．

5.1　マイクロコンピュータの基本的なシステム構成

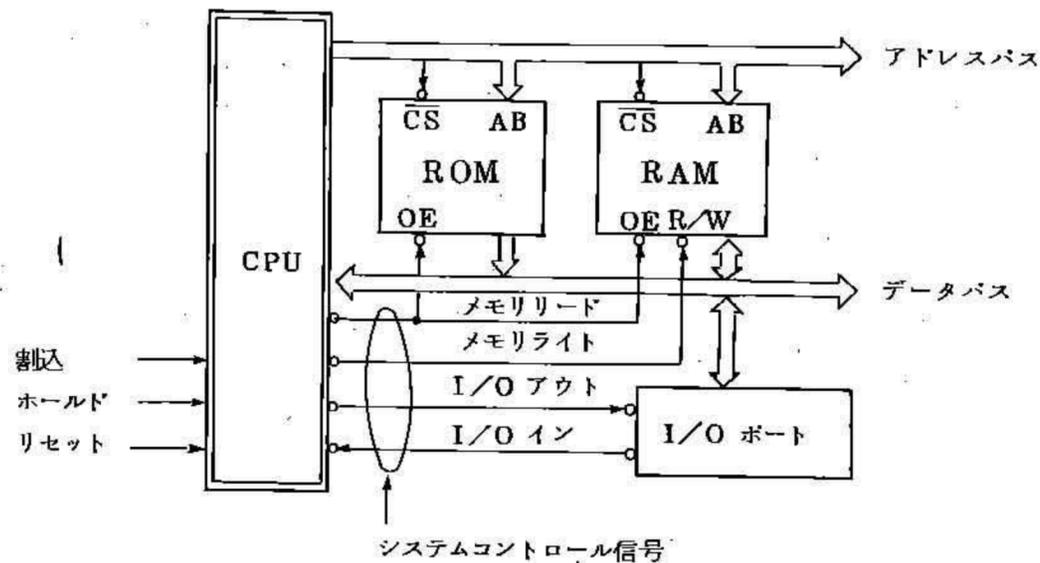
図5−1　マイクロコンピュータの基本的なシステム構成

マイクロコンピュータの基本的な構成は，図5−1のようになります．基本的にはCPUの部分とROM，RAM，I/Oポートで最小のシステムが構成されます．構成要素の具体的な説明は，5.2で述べますが，ここでは各要素の役割について大まかにとらえてください．

図5−1でメモリをROMとRAMに区別して書いたのは，一般的にマイクロコンピュータがなんらかの装置に組み込まれる場合，制御プログラムはROMに固定化して書き込まれることが多いからです．

ROMに制御プログラムを書き込んでおけば，電源を入れるとすぐプログラムを実行できる状態にあるわけですから，わざわざプログラムを外部から読み込ませる必要もなくなり，高価な入力装置を備える必要もなくなります．このあたりがミニコンピュータとの考え方の大きな違いと言えます．このようにマイクロコンピュータではプログラムをROMに固定化することによって，専用化された使われ方をされることが多いわけですが，ROMを差し換えれば異なった機能のシステムに生れ変わることもできます．RAMにはプログラムで処理するためのデータを格納したり，プログラムそのものを書いたりします．さらにμPD8080Aでは，スタックをRAMで構成されるメモリ領域の中に確保しています．

プログラムは，ROMに書かなければいけないということはなく，あくまでもROM化した方が経済的であり，かつ信頼性もあげられるという場合に使われるわけです．

I/Oポートは，コンピュータの内部と外の世界とのデータ交信を行う部分であって，基本的にはパラレルI/OポートとシリアルI/Oポートがあります．パラレルI/Oポートというのは，コンピュータ内部のデータバス上の信号を並列に外部に出力したり，または内部バスに取り込むためのユニットであり，その主たる機能は必要な時刻にタイミングを合わせてデータをラッチ（つかまえて保持する）したり，必要なユニットのデータだけをバスに読み込むというようなものです．

これに対してシリアルI/Oポートは，外部とのデータ交信を直列データで処理するもので，CPU側の並列データと調整するために並列－直列，直列－並列変換回路を内蔵しているのが普通です．

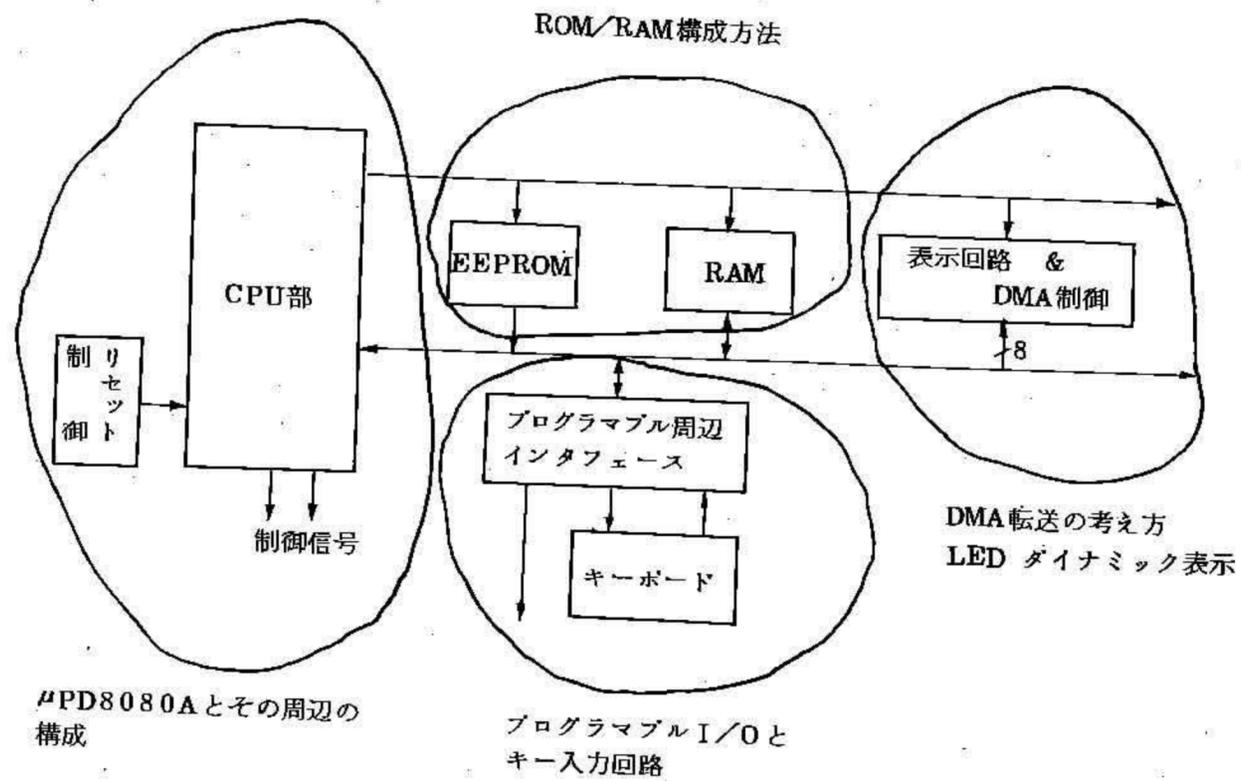
例えば，μPD8255はパラレルI/Oポート，μPD8251はシリアルI/Oポートとしての機能を備えています．

CPU部分は，ROMまたはRAMに書かれたプログラムを逐次実行して，データの処理を行ったり，I/Oポートとデータのやりとり等の制御を行ったりします．

ROM，RAM，I/Oポート等は，それ自身ではデータを加工する能力はありません．データを加工したり，プログラムを命令と理解して処理実行するのはCPUの任務です．CPUはメモリをアクセスするために番地を指定するアドレスバスとデータをやりとりするデータバス，およびデータの送受信されるべきタイミングを外部に指示するコントロール信号，外部から直接CPUの動作を制御するための制御端子（割り込み，ホールド，リセット端子等）をもっています．以上が大体マイクロコンピュータを構成する基本的な要素です．

5.2　TK－80のシステム構成

それでは，具体的にTK－80がどのように構成されているかを，各部について詳細に説明します．その前にTK－80のシステムブロック図を図5－2に示しておきますので，全体の概要を頭に入れておいてください．

図5－2　TK－80システムブロック図

CPU部はCPUチップ（μPD8080A）とその他若干のICで構成されています．PROMにはモニタプログラムが書かれており，TK－80の基本的な動作は，このプログラムで実現されているわけです．CPU部にリセットがかかると（ RESET キーを押す），このモニタプログラムが走りはじめます．このモニタプログラムは，プログラマブル周辺インタフェース（以下PPIと略します）を介して，キーボード・スイッチ25個を常時スキャンしながら，どのキーが押されたかを調べています．

RAMは256ワード×4ビットのICが2個で，最小の256バイトが構成されます．ボード上には8個まで実装できます．

表示回路は，8個の7セグメントLED（発光ダイオード）で構成されており，基本的にはメモリアドレスとデータを16進数で4桁ずつ表示します．表示のためのデータは，DMA転送により行っていますので，表示データ転送のためのプログラムを書く必要はありません．

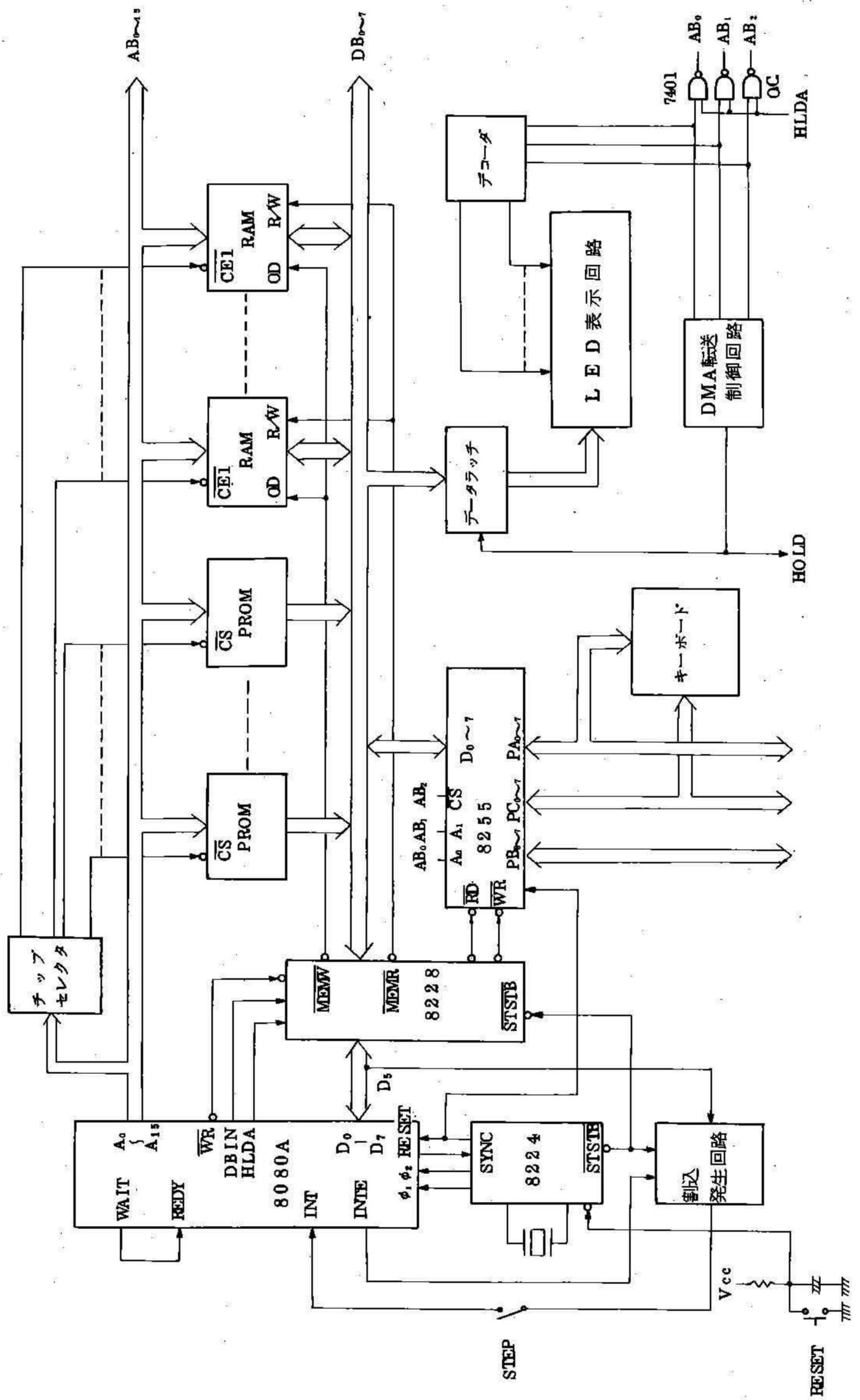
図５−３　ＴＫ−８０のシステム構成

5・2・1　CPU部のシステム構成

図５－４　ＣＰＵ部の基本構成

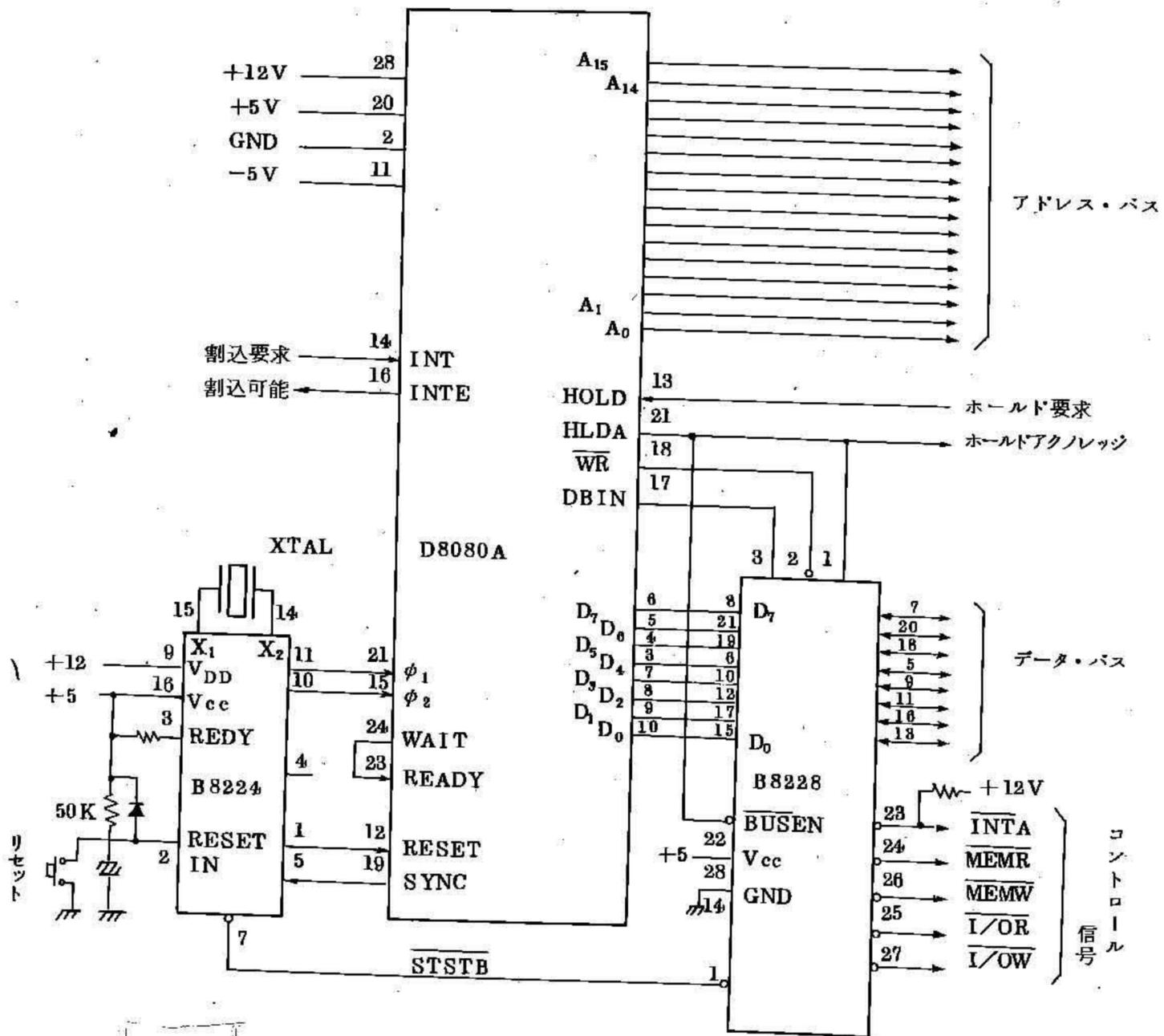
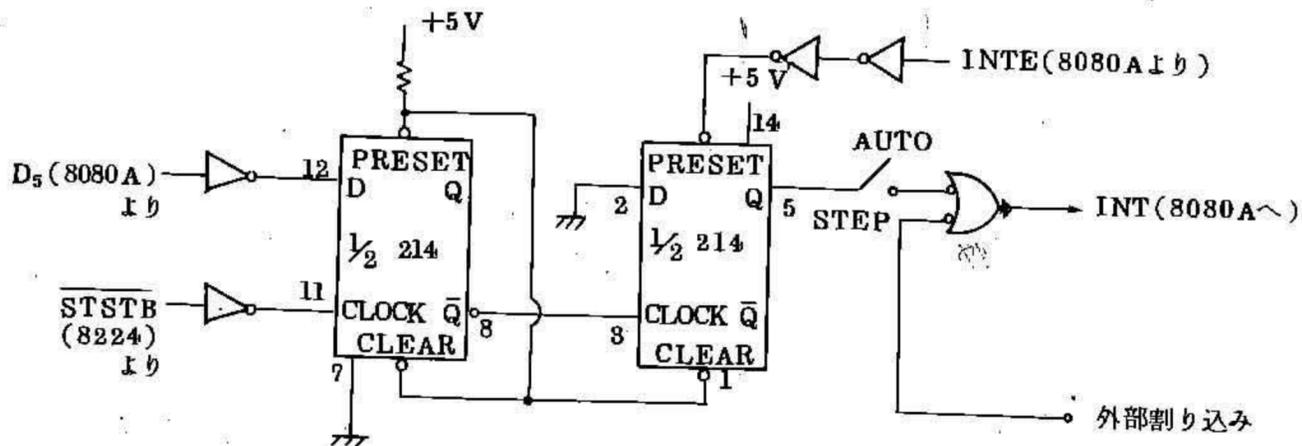



図５－５　１命令ステップ割り込み信号発生回路

CPU部の基本構成を図5－4に示します．CPU(μPD8080A)にクロック・ジェネレータ(μPB8224)，システム・コントローラ(μPB8228)を接続するだけの簡単な回路ですみます．CPUは電源として＋12V，＋5V，－5Vが必要ですが，TK－80では便宜上，－5V電源をμPB8224のOSC出力端子の発振信号を検波することにより，約－5Vの電圧を得ており，ボードの外部からは＋12V，＋5Vの2種類を供給するだけですみます．μPB8224のリセット端子には，電源を投入したときに自動的にリセットを行う回路と，手動のリセットスイッチがつけられます．クロックの発振は，CPUのクロックの9倍の基本発振周波数をもつ水晶振動をμPB8224のX_1，X_2端子に直接接続すれば得られます．

μPD8080AのWAIT出力端子とREADY入力端子とを直結しておけば，2MHzのクロックで動作させてもアクセスごとに1ウェイトとられますので，アクセスタイムの遅いメモリ(例えばCMOS RAM μPD5101C－E等)でも使用できます．この方法では，メモリがアクセスされていないサイクルでも，余分な待ち時間がとられてしまいますが，複雑な回路が一切必要ないという理由で採用してあります．

INT入力端子には割り込み要求信号が接続されます(通常ロウレベルで，要求時にハイレベルとなる信号です．…アクティブ・ハイ信号という表現をします)．INTE出力端子には，CPU内のインタラプト・イネーブル(割り込み可能)F／Fの状態が出力されます．

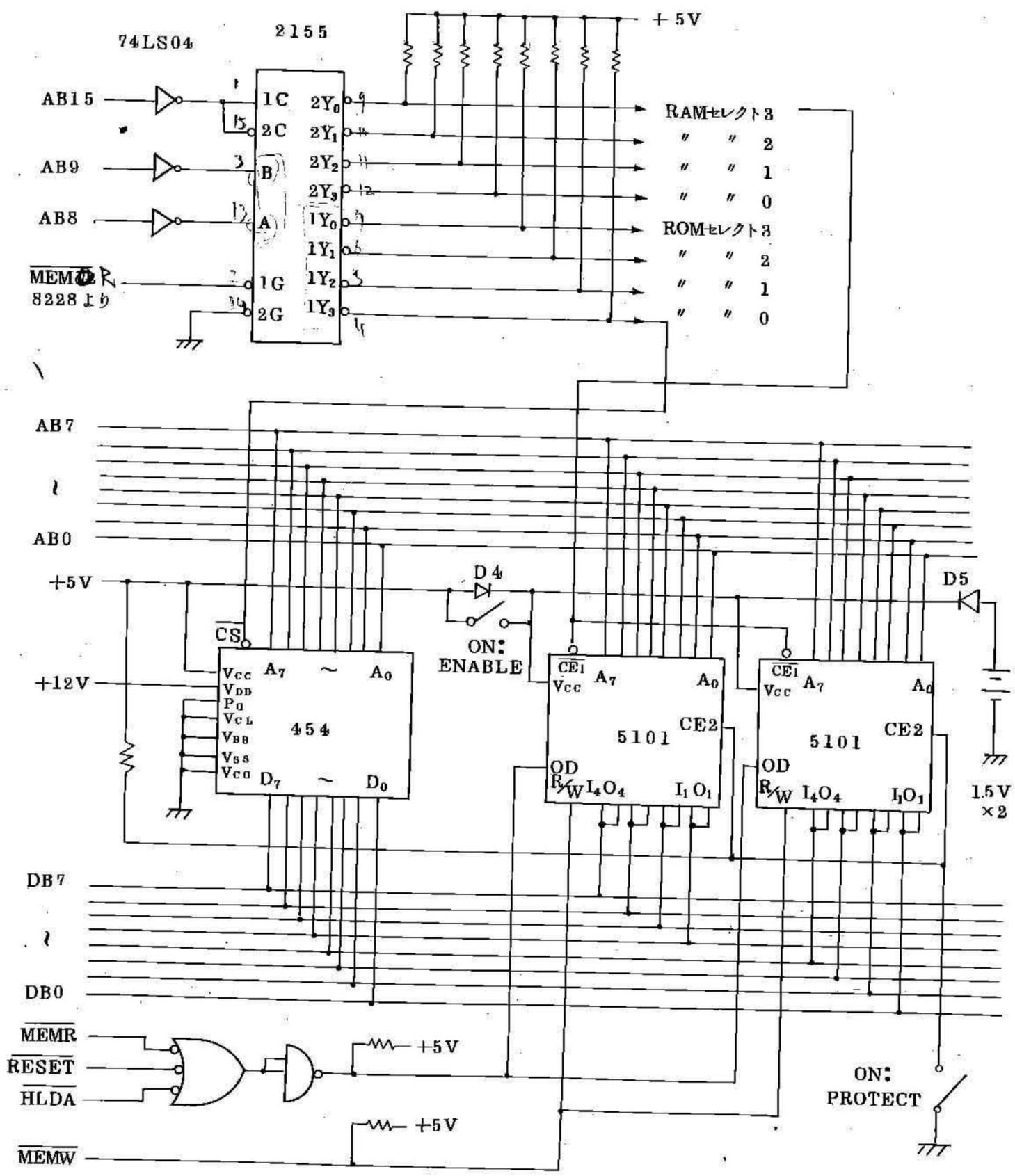
HOLD入力端子には，DMA転送を行いたい時刻にホールド要求信号を入力します(アクティブ・ハイ信号)．ホールド要求が受け付けられるとHLDA出力がハイレベルになります．外部回路でこの信号に同期させてメモリをアクセスすれば，CPUの動作とDMAが競合することを避けられます．

μPB8228から出るコントロール信号は5種類あります．$\overline{\mathrm{INTA}}$端子は割り込みレベルが1つの時には抵抗を介して＋12Vにプルアップしておきます．$\overline{\mathrm{MEMR}}$，$\overline{\mathrm{MEMW}}$は，各々メモリのリード，ライト時に発生されます　(アクティブ，ロウ信号)．$\overline{\mathrm{I/OR}}$，$\overline{\mathrm{I/OW}}$は入力デバイスからのリード，およびライト時に発生されます(アクティブ，ロウ信号)．アドレスバスはμPD8080Aから直接取り出して使用していますので，DC的な負荷は標準TTL 1個しか取り出せません．TK－80では，アドレスバスに接続されるメモリはすべてMOSタイプであり，デコーダもローパワー・ショットキーTTL(低レベル入力電流が360μA以下)を使用していますので，DC的にはこれで問題はありません．交流的には1つのバスに接続されるMOSゲート(入力容量は数pF～10pF)の個数が増えれば，アドレス信号の立ち上り，立ち下り波形が鈍り，アクセス時間に影響してきます．TK－80では，メモリアクセスの時間を充分とってありますので，この点は余裕のあるよう設計されています．データバスは，μPB8228の内部で双方向性ドライバを通ってドライブ能力が強化されていますので，標準TTLを6個までは接続できます．μPB8228 の$\overline{\mathrm{BUSEN}}$端子にHLDA信号を加えているのは，バスドライバをハイ・インピーダンスの状態にして，DMA転送のデータとかち合わないようにするためです．基本的にはこの回路でCPU 部は完成しますが，TK－80ではプログラムのデバグの便宜のため，1命令ごとの割り込み要求信号発生回路を追加してあります(図5－5)．原理的にはμPD8080AからINTE(割り込み可)信号が出たら，次の命令を実行した後すぐ割り込み信号が発生されるような回路です．μPD8080Aへの割り込み信号としては，このステップ実行割り込み信号と外部割り込み信号の論理和をとっ

た信号を用います.

5・2・2　ROM，RAMの構成

TK－80のボード上には，ROM，RAMとも最大1.024バイトずつ実装できます．ROMは，μPD454（256ワード×8ビット）を4個，RAMはμPD5101（256ワード×4ビット）を8個取り付けることになります．図5－6にメモリ最小構成を示します．

図5－6　ROM／RAM最小構成

454，5101とも256ワードのメモリですので，アドレス入力端子は8本あり，それぞれアドレスはAB_0～AB_7へ接続されます．さらに256ワード単位でチップの選択を行う必要があります．これは2155（DUAL 2 TO 4 DECODER）で行っています．2155の入力端子に74LS04が入っているのは，アドレスバスの負荷を少なくするためのものです．TK－80ではROMかRAMをAB_{15}（アドレスの最高位ビット）で切り変えていますので，8000番地以上がRAMエリアとみなされます．2155の出力信号は，チップセレクト信号としてROM，RAMにつながれています．各出力端子にすべてプルアップ抵抗がついているのは，MOS ICのハイレベル入力電圧の最低値である3.0Vを確実にするためです．5101のOD（出力ディスエイブル）端子には，$\overline{\text{MEMR}}$，$\overline{\text{RESET}}$，$\overline{\text{HLDA}}$の論理和信号を加えていますので，これ以外のタイミングでは，5101の出力はハイ・インピーダンス状態となります．R/W端子には，8228からの$\overline{\text{MEMW}}$信号が直接接続されていますが，ここにもやはりプルアップ抵抗がつけてあります．このプルアップ抵抗は8228の$\overline{\text{BUSEN}}$入力信号がハイのとき，制御信号が不確定（ハイ・インピーダンス）になるのを避けて，メモリをリード状態に保つためです．

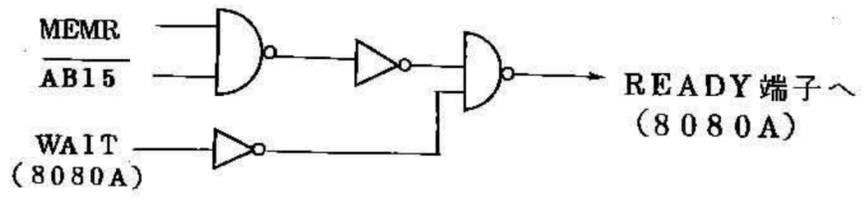
CE_2端子は通常動作時には，Vccへプルアップしてありますが，トグルSWをONにするとGND電位となり，メモリのリード／ライトの両動作ともプロテクトされます．このSWをONにした後＋5Vの電源をOFFにしても，バッテリー（例・単三乾電池2本）の電圧が印加されている限り，データは保存されます．

ダイオードD1に並列に入っているSWは，メモリプロテクトSWと連動しており，メモリが動作中はD1を短絡し，ダイオードによる電圧降下をさけるためのものです．

TK－80では，RAMは上位アドレスのチップから実装しています．なぜならモニタプログラムのワーキングエリアとして，最上位のアドレスを使用しているからです．

（実装順位）	（番　地）	（セレクト信号）	（RAM番号）
①	8300～83FF	セレクト3	4，8
②	8200～82FF	〃　2	3，7
③	8100～81FF	〃　1	2，6
④	8000～80FF	〃　0	1，5

TK－80の基本キットには，RAMとしてCMOSタイプの5101を使用していますが，これと全くピンコンパチブルな2101がNMOSタイプで揃っています．バッテリ・バックアップの必要のない方または電池の消耗を問題としない方は，2101がそのまま使用できます．

5101と2101を組み合わせて実装することもさしつかえありません．454，5101/2101ともに完全なスタティック動作をしますので，動作は安定しておりVccラインにのるノイズはそんなに大きなものではありませんので，バイパスキャパシタにもそれ程厳しい特性は要求されません．TK－80では普通のセラミックキャパシタを使っています．RAMに2101だけを使用する場合には，アクセスタイムが十分速いので，RAMがセレクトされるときCPUを待たせる（WAIT）必要はありません．このときには，PROMがアクセスされたときだけWAITをかければ，CPUのむだな待ち時間が節約できます．

（0〜7FFF番地がアクセスされた時のみワン・ウェイトとなる回路）

5．2．3　表示回路とＤＭＡ転送

図５－７　表示回路

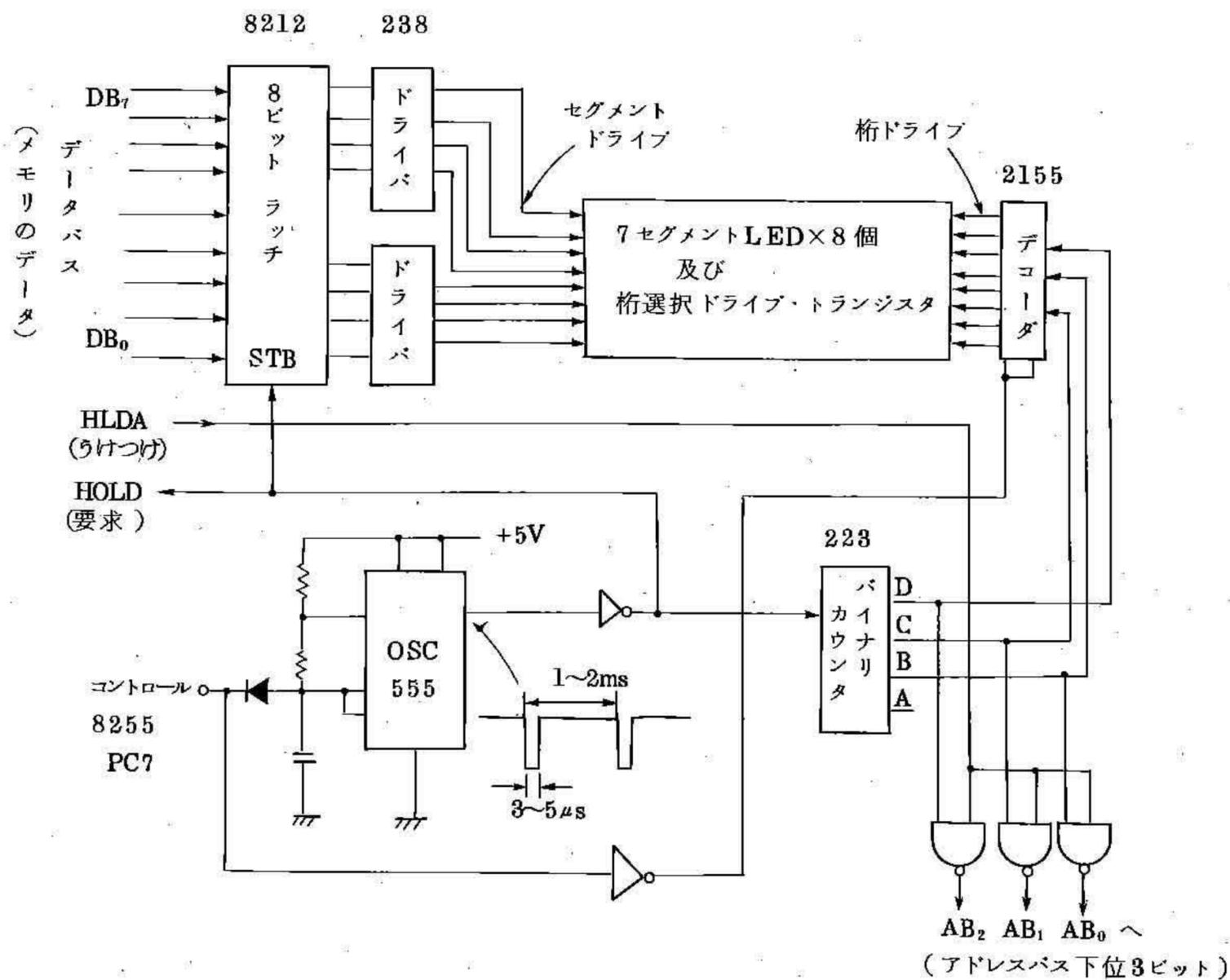
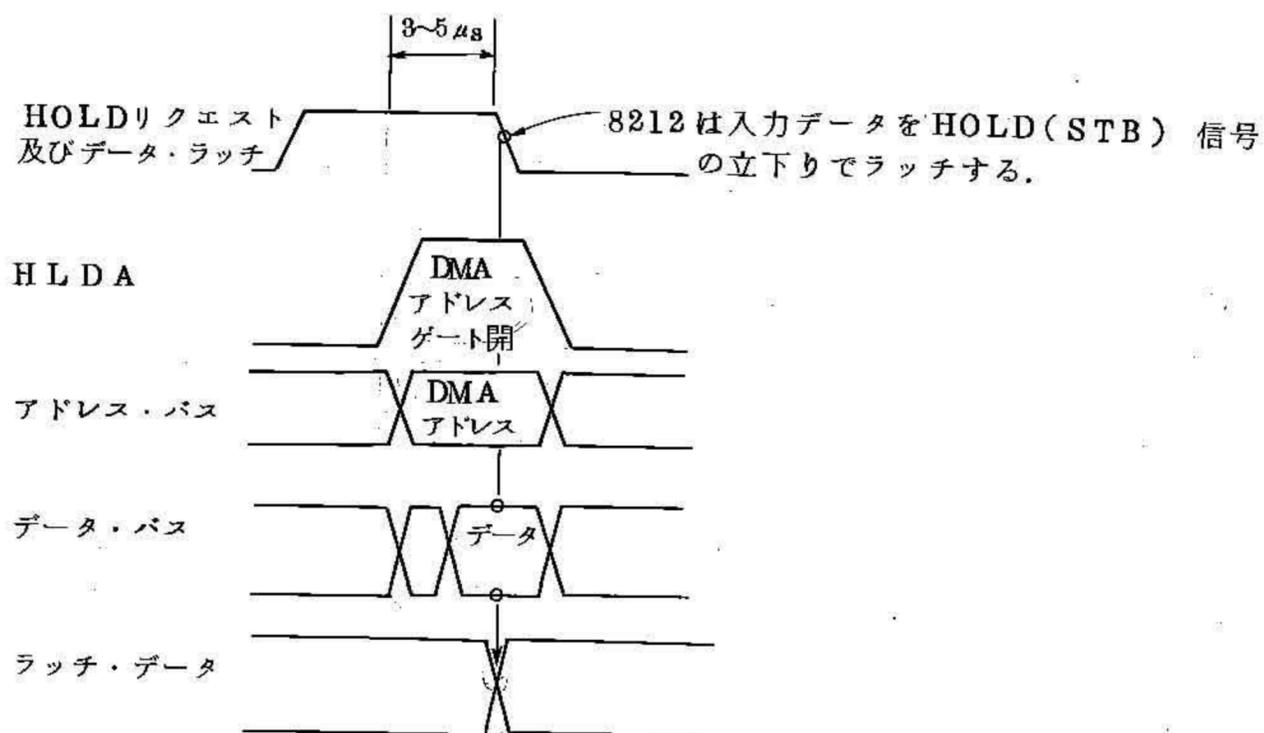



図５－８　ＤＭＡ転送のタイミング

表示回路は図5－6に示すように，DMA転送回路と8桁LEDのダイナミック表示回路を組み合わせたものです．前にモニタプログラムで述べたように，LEDの各セグメントに対応する表示データは，RAMの最後の8番地（83FF～83F8）に入っていますので，これを直接読み出して表示しようとするものです．この回路では，まずOSC（555タイマ用ICでつくってある)は，1～2ms間隔で数μsのパルスをHOLD要求信号としてCPUへ送ります．このパルスはまたバイナリカウンタ（223）のカウントパルスとしても使われており，1回ごとにアクセスするメモリの番地を進めていきます．HOLD要求が受け付けられると，HLDA信号が送り返されます．HLDA信号がきたときには，8080Aのアドレスバスおよびデータバスはハイ・インピーダンスになっていることを示していますので，この信号でゲートを開いてアドレスバスの下位3ビットへDMAアドレスを接続します．残りの上位ビットは，プルアップ抵抗でつってありますので，DMAアドレスが定まると，RAMのアクセス時間だけ遅れてデータが読み出されてデータバス上にあらわれます．このデータは，HOLD要求信号の立ち下りのタイミングで8ビットのラッチにセットされ，次のデータが再び読み出されるまで1つの桁の表示に使われます．この動作が1～2ms おきに繰り返し行われ，順次アドレスがスキャンされそれに応じて表示桁も移動していくわけです．HLDAが出ている間は，CPUはプログラムの実行を一時中断しているわけですが，全体の時間に比べると数μs というのは極めて短い時間ですので，実用上はまずさしつかえないでしょう．しかし正確にタイミングを計算したいようなプログラムでは，ときとして問題となる場合があります．この場合には555の発振回路を強制的に止めてやれば，HOLDの要求は起こりません．

この制御は，8255のPC7端子をロウレベルにすることで実現しています．発振が停止するとLEDのスキャンニングも止まり，1つの桁だけを点灯することになり，熱的設計を満足しませんので，このときには桁ドライブ回路をディスエイブル状態にするようにしています．

発振の周期を長くすればそれだけCPUが止まる割合を小さくできますが，ダイナミック点灯の周期は少なくとも50サイクル以上にしないと人間の目にはチラついて見えます．8桁分ありますので，1桁分は2.5ms（2.5×8=20ms）程度が限度と考えてください．

TK－80では，1～2msの間に入るようにしてあります．

5．2．4 プログラマ・ペリフェラル・インタフェース（PPI）とキーボード回路

コンピュータが外部からデータを読んだり，逆にCPUから外部にデータを送り出す場合に使われるのがペリフェラル・インタフェースです．

TK－80では，μPD8255（PPI）を使用しており，キーボードのスキャンニング回路と外部インタフェースを1個のLSIで構成しています．

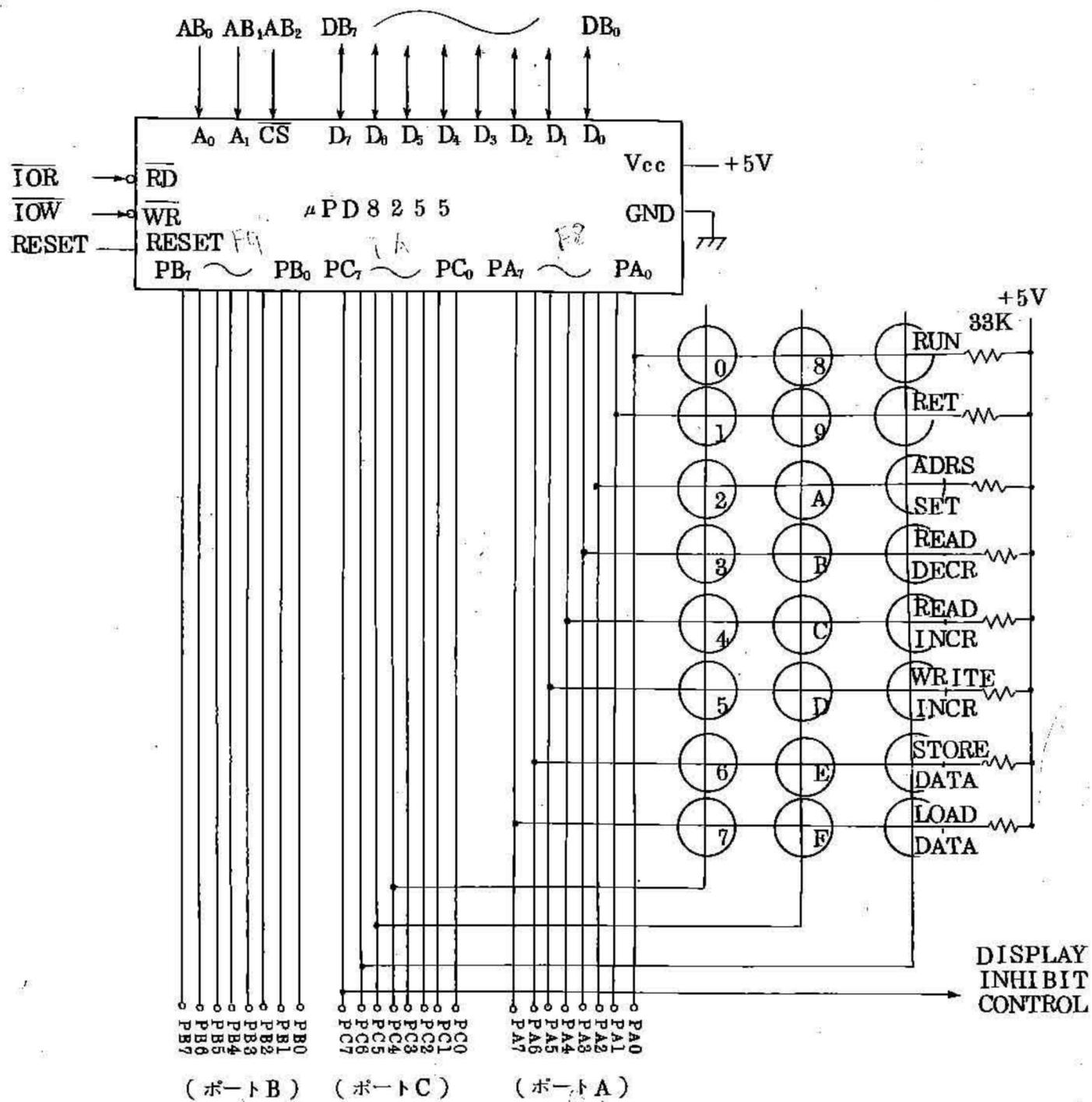
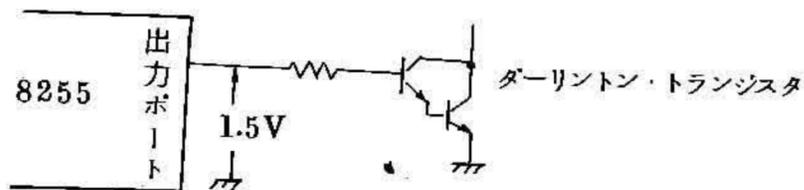
図５－９　μPD８２５５とキーボード回路

各ポートは入力にも出力にもなります。

図５－７に８２５５を使用したペリフェラル・インタフェースとキーボード回路を示します。８２５５は８ビットの入出力ポートを３つ備えており，それぞれポートＡ，Ｂ，Ｃと呼ばれます。各ポートはプログラムで入力ポートにも出力ポートにもすることができ，それぞれが８ビットデータの送受信をすることができます。

ポートＣだけはさらに特殊な機能をもち，８ビットのデータのうち任意のビットを指定して，セットしたりリセットしたりすることができます（ビットセット／リセット機能）．８２５５の詳細な機能は別紙開発速報を参考にしていただくとして，ここではキー回路の動作と８２５５の関係を述べておきます。キーボードをスキャンするためにポートＣは出力に，ポートＡは入力にプログラムされています．モードは０です．ポートＡの全端子は抵抗でプルアップしていますので，キーが押されない限りポートＡから読み込まれるデータはすべてハイレベルです．PC_4，PC_5，PC_6は，キー共通ラインをロウベルで順番にスキャンするようモニタプログラムが作られていますので，ど

の列のキーが押されたかはモニタ自身で判断できるわけです．スキャンプログラムの詳細は，モニタプログラムの説明の章で述べてあります．

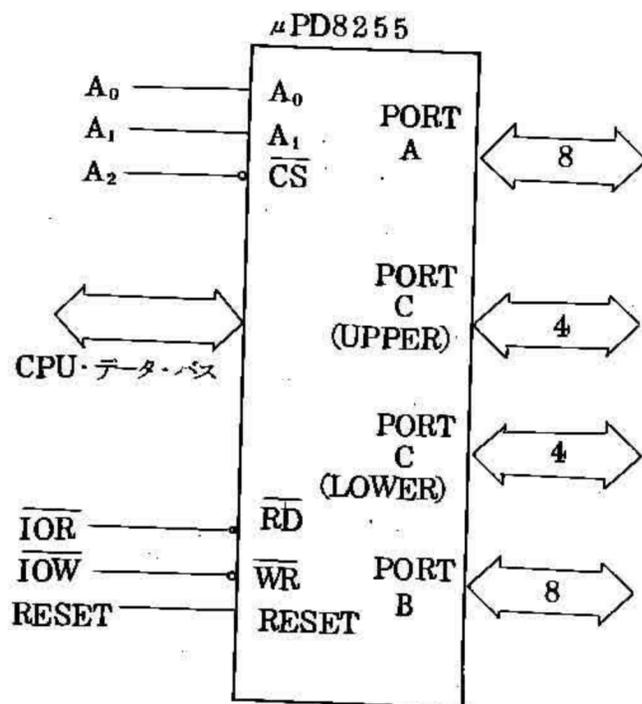
次に外部とのインタフェースの電気的な性能について説明します．

各端子が出力にプログラムされたとき，標準ＴＴＬ１個のドライブ能力があります．さらに出力ポートに直接ダーリントン・トランジスタを接続してドライブすることも可能です（ただし最大消費電力の問題で８端子以内に制限されます）．

このような使い方が８端子まで可能

５．２．５ μPD8255のプログラミング法

８２５５はプログラマブル・インタフェースであって，３つのポートプログラムによってモード０，１，２のいずれかを指定して使うことができます．モード１，２は外部機器とのデータ転送を割り込みを用いたハンド・シェイキングという方法で実現できる高度な使い方ですので，このことに関しては個別開発速報を参考にしてください．

ここでは最も基本的に使われるモード０での使い方を説明しておきます．

図５－10 モード０でのμPD８２５５の各ポートの機能

○ポートＡ（８ビット）

入力ポート／出力ポートの指定ができます．

８ビットパラレルデータの入出力です．

○ポートＣ（上位４ビット），（下位４ビット）

上位，下位４ビットずつ入出力の指定ができます．

出力ポートにした場合には，ビットの位置を指定してのセット／リセットもできます．

○ポートＢ（８ビット）

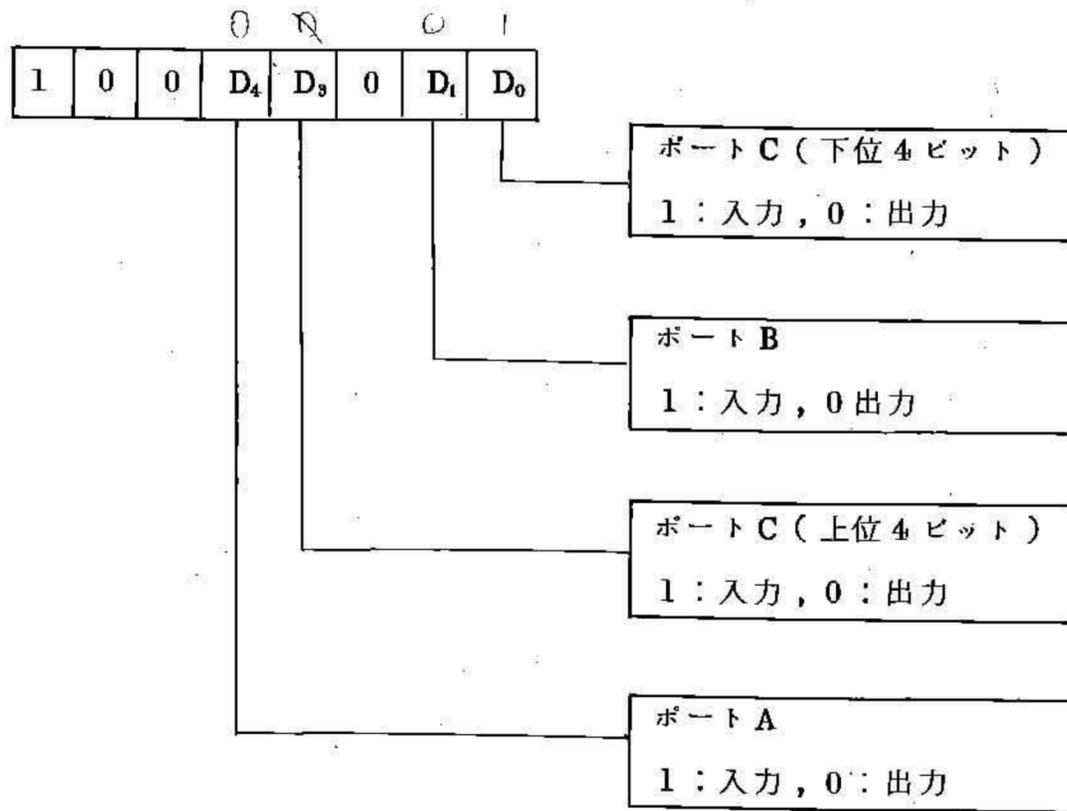
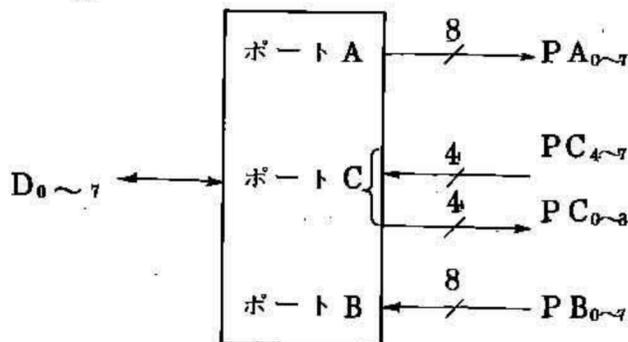
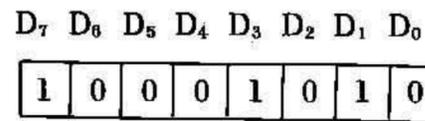
Ａポートと同じ機能です．

８２５５はＲＥＳＥＴ信号を受けると，すべてのポートが入力モードに戻されて，以後命令で新しいモードがセットされない限りこの入力モードは継続されます．

８２５５のプログラムによる動作は次のようになります．

(1) 動作モードの指定

動作モードは，コントロール・ワードと呼ばれるデータを8255へOUT命令で送り込むことによりセットされます.

モード0でのコントロール・ワードの各ビットの指定は次の通りです.

例

この例の入出力組合せとするためには，コントロールワードは

のようになります.

このコントロール・ワードをデータとして，出力命令で8255へ送り込みます.

このときのプログラムは次の通りです.

コーディング	機械語	
MVI A,08AH	3E 8A	……コントロール・ワードの値をAにロード
OUT 03	D303	……コントロール・ワードを8255へ送り込む.

(OUT 03の03というI/OアドレスはTK−80での値です)

以上で動作モードのセットができます.

(2) データの出力

8255へデータを送り込むには,OUT命令を使いますが,このときのI/Oアドレスはポートによって異なります.

コーディング	Accの内容	機械語
OUT 00	……………ポートA	D300
OUT 01	……………ポートB	D301
OUT 02	……………ポートC	D302

(3) データの入力

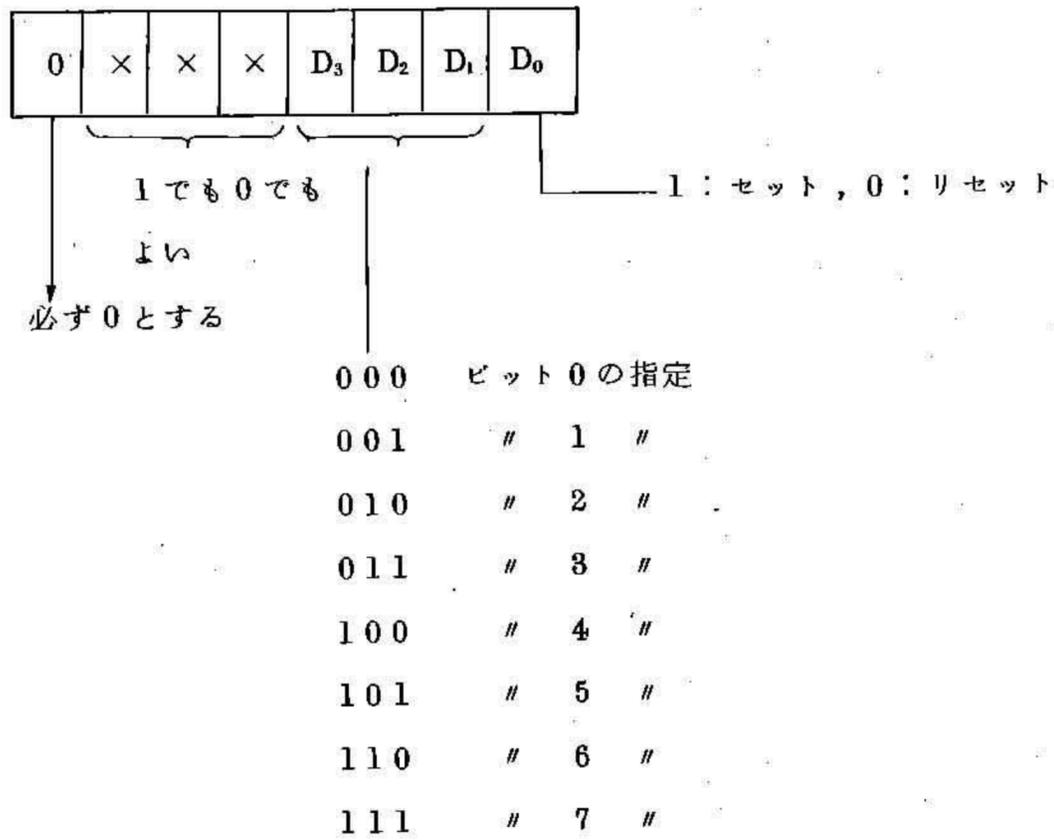
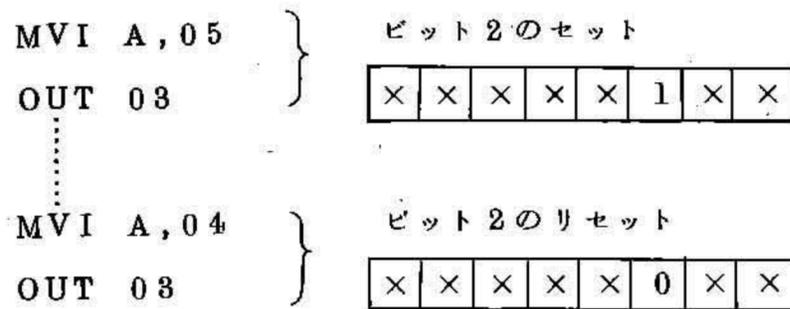
8255の各ポートからデータを入力する(CPUにAccにロードする)には,IN命令を使います。このときもポートによってアドレスが異なり,次のように対応しています.

IN 00	ポートAから	DB00
IN 01	ポートBから	DB01
IN 02	ポートCから	DB02

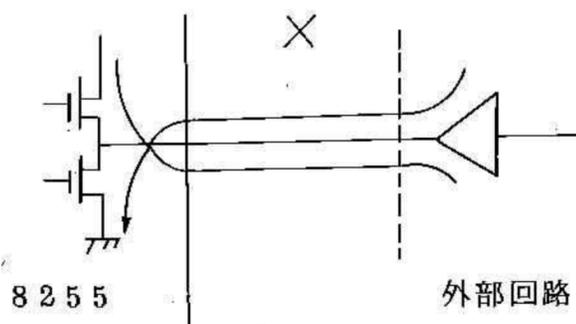
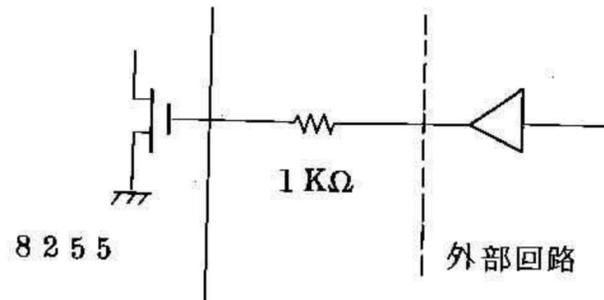
例　ポートAに01010101を出力し,ポートCの上位4ビットを読み取る.

```
MVI  A,08AH  } モードのセット. これはプログラムの最初に一度行うだけで
OUT  03      } よい.
  ∫
MVI  A,055H  } 01010101→Acc
OUT  0       } (Acc)→ポートAに出力
IN   02      } ポートCのデータをAccに読み込みます.
```

(4) ポートCのビットセット/リセット

ポートCが出力としてプログラムされているときは,そのビット位置を指定して,1命令でセットまたはリセットを行うことができます. これはコントロール・ワードを8255へ送り込むことで実現されます.

例　ポートCのビット2だけを1にして，その後再び0にする．他のビットの状態はそのままにしておきたい．このときのプログラムは次のようになります．

8255程のプログラマブルな能力が必要ないが，簡単にI／Oポートを実現したい場合は，μPB8212（8ビットI／Oポート）を使ってください．基本的な使用法は個別開発速報を参考にしてください．この場合も複数のポートの選択は，前述のようなアドレスの割り当て方法で行います．

5・2・6　μPD8255の使用上の注意事項

(1)　出力に指定したピンは，絶対外部からドライブしないでください．過大電流が流れます．

(2) 入力に指定したピンを誤って出力にプログラムしないでください。
ミスプログラムによる事故を防ぐために入力ピンには1KΩ程度の抵抗を直列につないでおくことをお勧めします。

(3) 8255はRESET信号により，3つのポートがすべて入力モードとなります。

(4) 8255のポート端子を外部へ引き出す場合には100KΩ程度のプルアップ抵抗をつけてください。

(5) 外部回路の電源がTK−80と別系統の場合は，先にTK−80の電源を入れ，リセットした後で外部回路の電源を投入するように心掛けてください。

(6) 外部回路から8255の端子へ過大電圧がかからないように注意してください。

5.2.7 アドレス／データ信号端子

TK−80のアドレスバスとデータバスは，プリントボードの端子に配線されています。

アドレスバス	ボード端子	データ・バス	ボード端子
AB 0	B 17	DB 0	B 33
〃 1	〃 16	〃 1	〃 32
〃 2	〃 15	〃 2	〃 31
〃 3	〃 14	〃 3	〃 30
〃 4	〃 13	〃 4	〃 29
〃 5	〃 12	〃 5	〃 28
〃 6	〃 11	〃 6	〃 27
〃 7	〃 10	〃 7	〃 26
〃 8	A 17		
〃 9	〃 16		
〃 10	〃 15		
〃 11	〃 14		
〃 12	〃 13		
〃 13	〃 12		
〃 14	〃 11		
〃 15	〃 10		

ボードの他の端子は空き端子となっていますので，必要な信号は適当な端子へもってくることができます．

第6章　TK－80CMTインタフェース

はじめに

ＴＫ－８０は，そのプログラムエリアとして0.5Ｋバイト（最大１Ｋバイト）のＲＡＭが実装されており，アプリケーション・プログラムを実行させるためには，まずキーボードより機械語で，プログラムを書き込んでおく必要があります。

ＴＫ－８０のＲＡＭは，Ｃ－ＭＯＳのデバイスを使用しているため乾電池を接続することにより，電源を切った後もＲＡＭ内のプログラムを保持しておくことができますが，それもその時ＲＡＭに書き込まれているプログラムのみで，いくつものプログラムを長時間保持しておくことは不可能です。

そこでこの章で述べる簡単なインタフェースをＴＫ－８０ボードのユニバーサル基板の部分に作ることによって，普通のカセット式ポータブル・テープレコーダをＴＫ－８０に接続し，テープにＲＡＭ内のプログラムを録音していくつものプログラムをファイルしておき，必要な時にＴＫ－８０のＲＡＭにテープにファイルされているプログラムをロードし実行させることが可能となります。

テープレコーダとのデータの送受は，モニタプログラムが管理しキーコマンドにより簡単に行わせることができます。

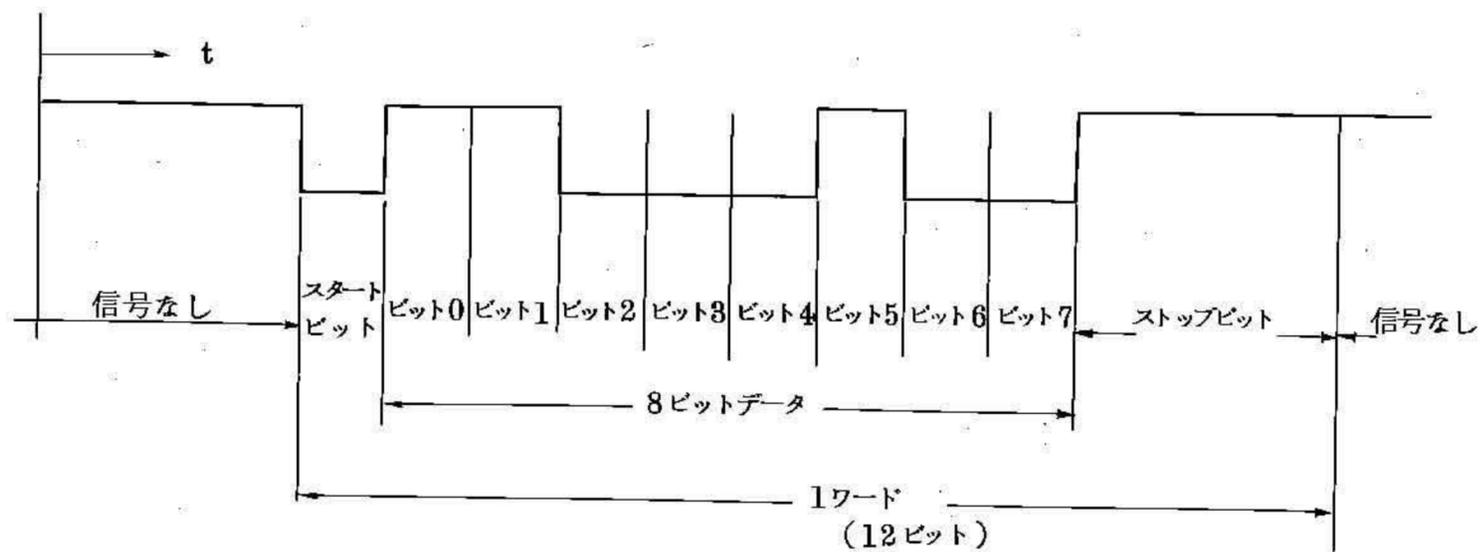
6.1 概　要

このインタフェースは，デジタル信号を可聴帯域のオーディオ信号に変調して，テープレコーダに出力する変調回路，テープレコーダからのオーディオ信号を再びデジタル信号に復調してシステムに供給する復調回路とで構成されています。

本説明書では，転送データの形式，変復調原理，さらにインタフェースの製作方法について述べていきます。

6.2 データのフォーマット

データは，1ワード（8ビット）を1つの単位として，各ビットのデータをシリアルに転送します。1ワードの転送フォーマットは次のようになっています。

図6－1　データ・フォーマット

1ワードの転送用データは，スタートビットではじまりストップビットで終了します。

スタートビットは，これから1ワード分のデータを転送することを示す同期用ビットで，1ビット長のロウレベル信号を転送します。

スタートビットの直後から1ワード（12ビット）のデータを，下位ビットよりシリアルに転送していきます。この時の論理は，データ“1”はハイレベル，データ“0”は，ロウレベルとなります。

8ビットのデータの後，3ビット長のストップビットを転送して1ワードのデータは終了します。

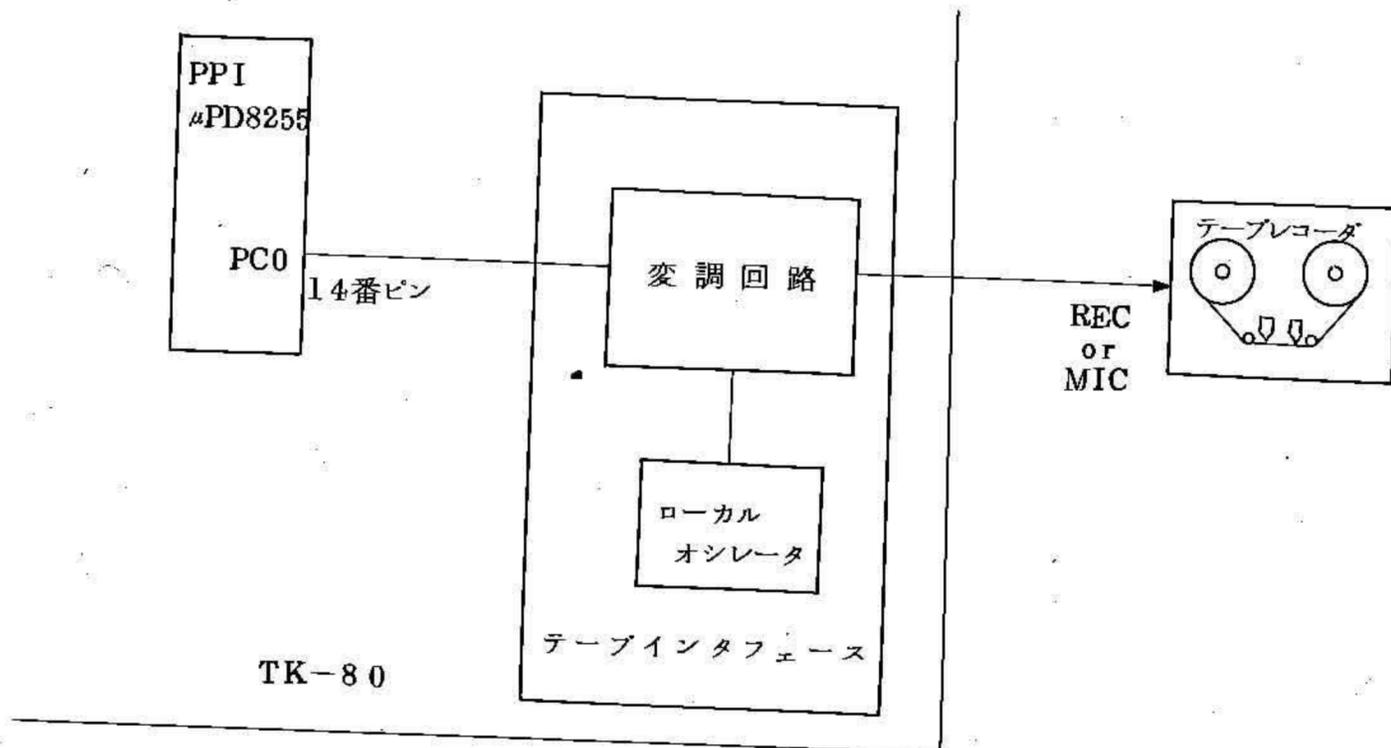
ストップビットは，3ビット長のハイレベルの信号で，1ワードのデータ転送が終了したことを示すと同時に次に転送されてくるデータとの区切りとして使用されます。

上記の例は，23（16進）というデータを転送する場合の波形です。

転送速度は，テレタイプとの互換性を考えテレタイプと同じにしてあります。

ストップビットが，3ビットあるために1ワードが12ビット構成となりますので．1ワードの転送に必要な時間は約110msecということになり，256ワードの転送は約28秒，1Kワードの転送は約2分ということになります。

6.3　データの送信

図6－2　データ送信インタフェース

送信用データは，モニタプログラムによりPPI（μPD8255）のPC0端子（14番ピン）に出力されます。

モニタプログラムは，セットされた転送スタート番地とエンド番地をパラメータとしてその範囲のメモリの内容を1つのブロックとして転送します。

この時のデータブロックは次のように構成されます。

スタート番地〔HI〕	スタート番地〔LO〕	エンド番地〔HI〕	エンド番地〔LO〕	データ	データ	データ	――――――――――	データ	チェックサムコード

ここで各データ（8ビット）は，6.2項のフォーマットに従って構成されています。

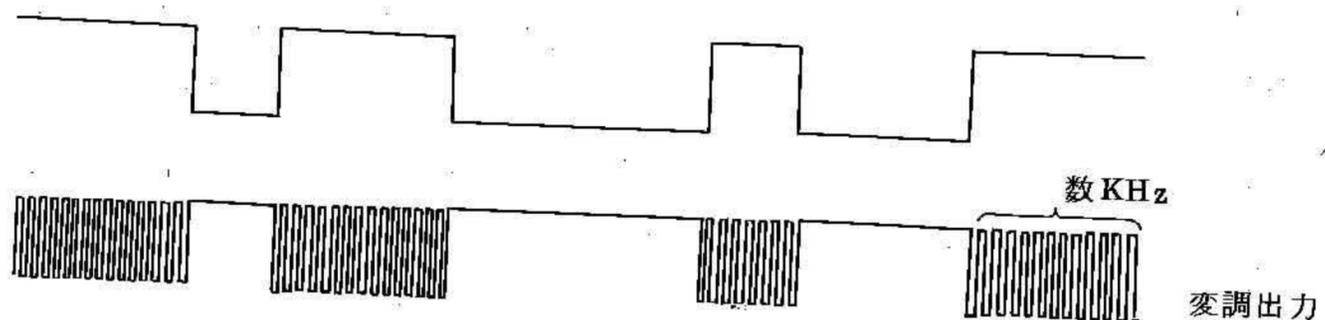
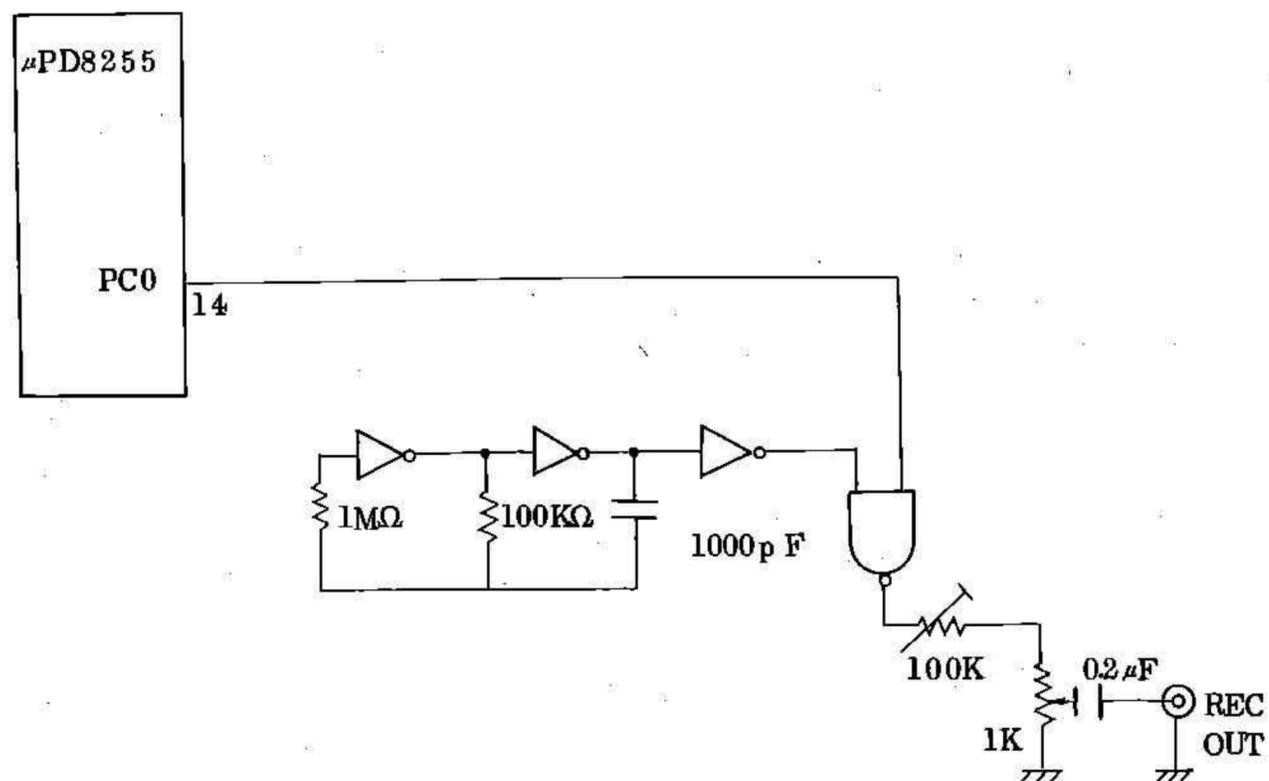
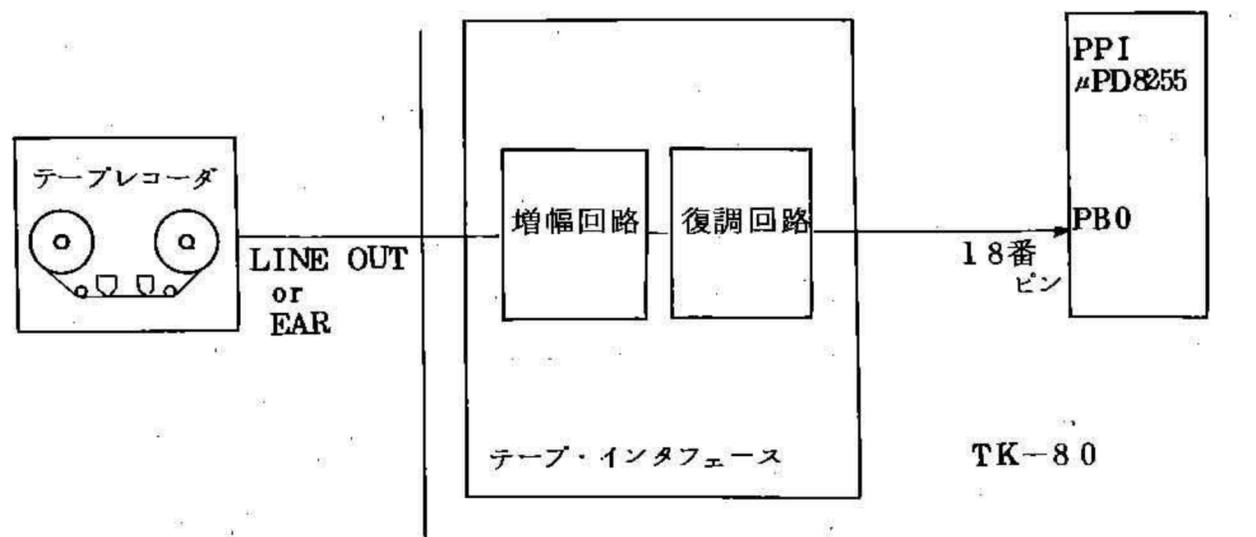
PPIのポートCより出力された転送データは，カセットインタフェースの変調回路により，次のような信号に変調されます。

6.4 変調回路

図6－3　変調回路

変調回路は，C－MOSのインバータによって構成されている発振器（発振周波数数KHz）によって発振させたパルスを出力ポートからの転送データ信号によってスイッチングするという簡単なものです．

6.5 データの受信

図6－4　データ受信インタフェース

テープレコーダからの再生出力は，テープ・インタフェース内の増幅回路で増幅され復調回路において再びデジタル信号に復調されます．

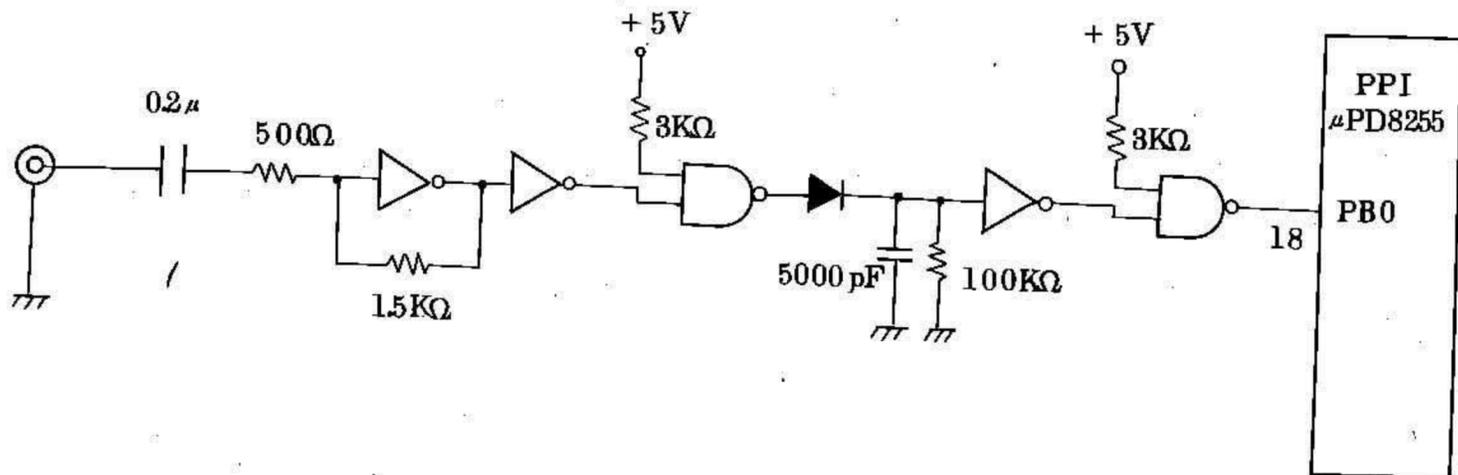
モニタプログラムは［LOAD DATA］キーが押されると，ポートBのビット0（PB0）をセンスしはじめます．

ここでスタートビット（ロウレベル）が検出され，そのビットの中央でスタートビットが確認されると，1ビット分の時間のインターバルをおきながらデータを読み込み，シリアルデータを8ビットのデータに編集していきます．

モニタは，転送されてくるデータの最初の4ワードで転送スタート番地とエンド番地を受け取り，順次アドレスを更新しながら所定の番地にデータをロードしていきます．

データのロードが終了すると，最後に転送されてくるチェック・サム・コードを受け取り，今までに受信したデータにエラーがないかどうかをチェックします．

6.6 復調回路

図6－5 復調回路

テープレコーダの復調出力は，C－MOSのインバータによって構成された増幅器によりロジックレベルまで増幅された後，ダイオードとCRで構成された積分回路により復調されバッファを介して入力ポートにデジタル信号として供給されます．

6.7 インタフェース製作および使用法

6.7.1 部品表

以下の部品を用意してください.

注 これらの部品はキット内には含まれておりません.

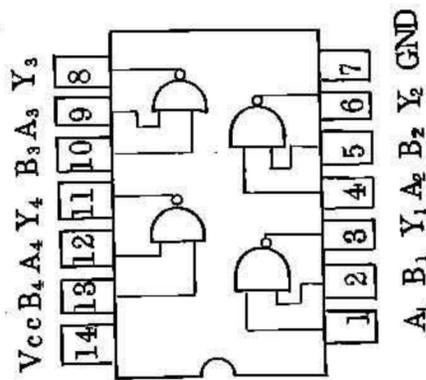
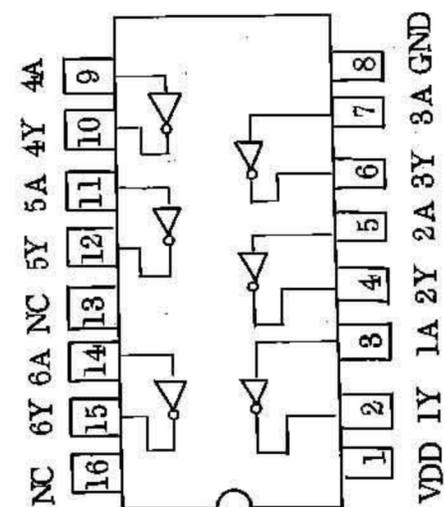
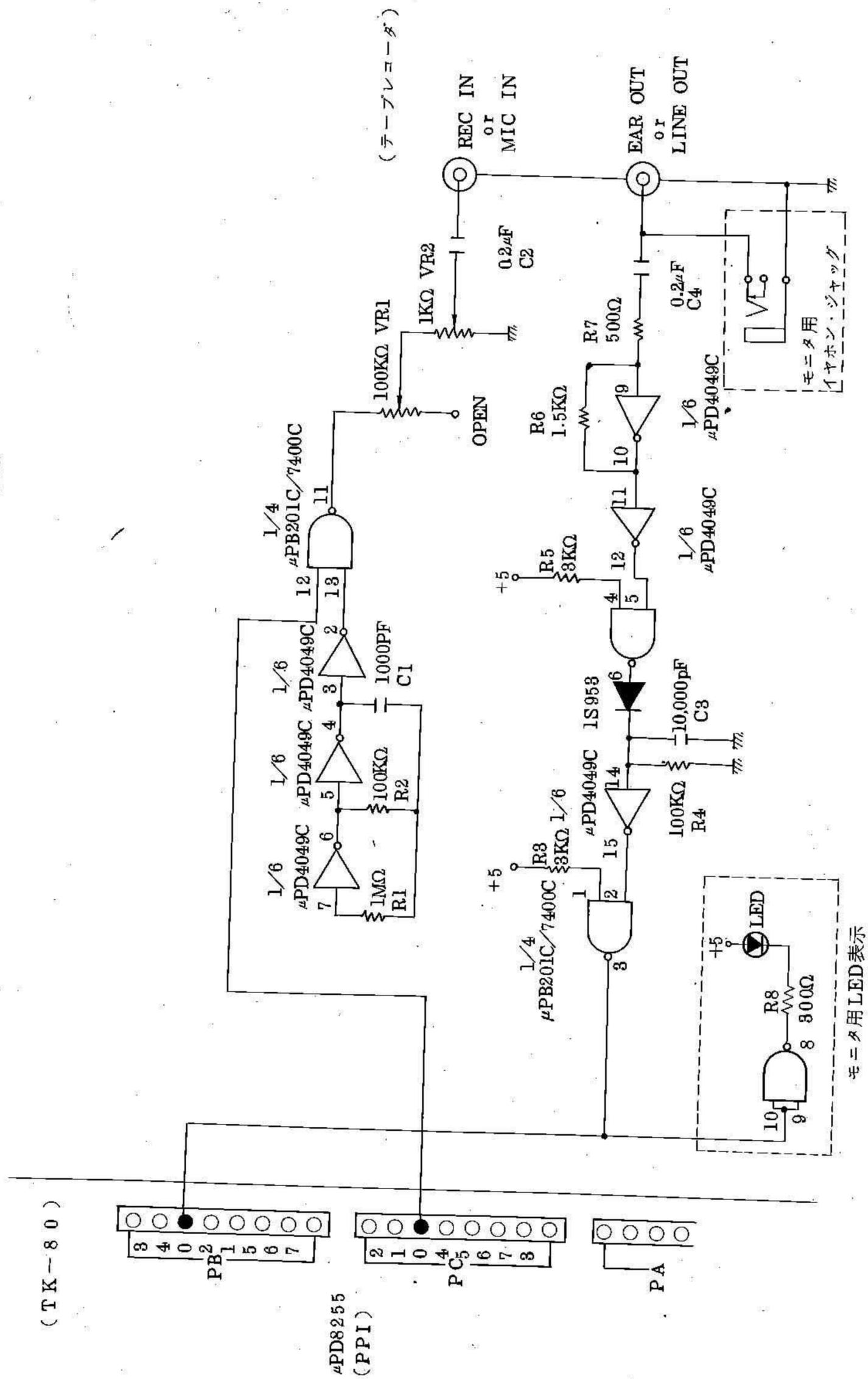
IC	μPD4049C		又は相当品	1
	μPB201C／7400		又は相当品	1
ダイオード	1S953			1
R	1MΩ	1／4W		1
	100KΩ	1／4W		2
	3KΩ	1／4W		2
	1.5KΩ	1／4W		1
	500Ω	1／4W		1
	100KΩ	半固定抵抗		1
	1KΩ	半固定抵抗		1
C	1,000 pF	25V程度	セミラック，マイラ	1
	10,000 pF	25V程度	セミラック，マイラ	1
	0.2 μF	25V程度	セミラック，マイラ	2

μPB201C
7400

μPD4049C

図6－6　μPD8255−CMTインタフェース回路

6.7.2 テープへの録音

変調回路の出力をマイク入力端子かライン入力端子に接続します．この時使用するケーブルは，外部ノイズを考慮し，シールド線を使用してください。

これでデータ転送の準備ができたわけですが，実際にデータを録音する前に録音入力レベルを適正なものに調整する必要があります．

録音レベルは，半固定抵抗ＶＲ１およびＶＲ２で行います．

RESET キーを押すと，テープ録音端子からは，インタフェース内にあるローカルオシレータの発振信号（数KHz）が出てきます．

この信号を録音して，録音状態を調べ最適な録音レベルとなるように，ＶＲ１およびＶＲ２によって録音出力レベルを調整します．

もしテープレコーダにＶＵメータ（録音レベルメータ）が付いているならば，ＶＵメータを見ながら録音レベルの調整を行ってください．

調整は，まずＶＲ２を中間位置にセットして，ＶＲ１を調整します．その後ＶＲ２で微調整を行います。

録音レベルが適当でない場合は，テープからプログラムをロードする際のエラー原因となります．

録音レベルの調整が終了しますといよいよプログラムを転送，録音します．

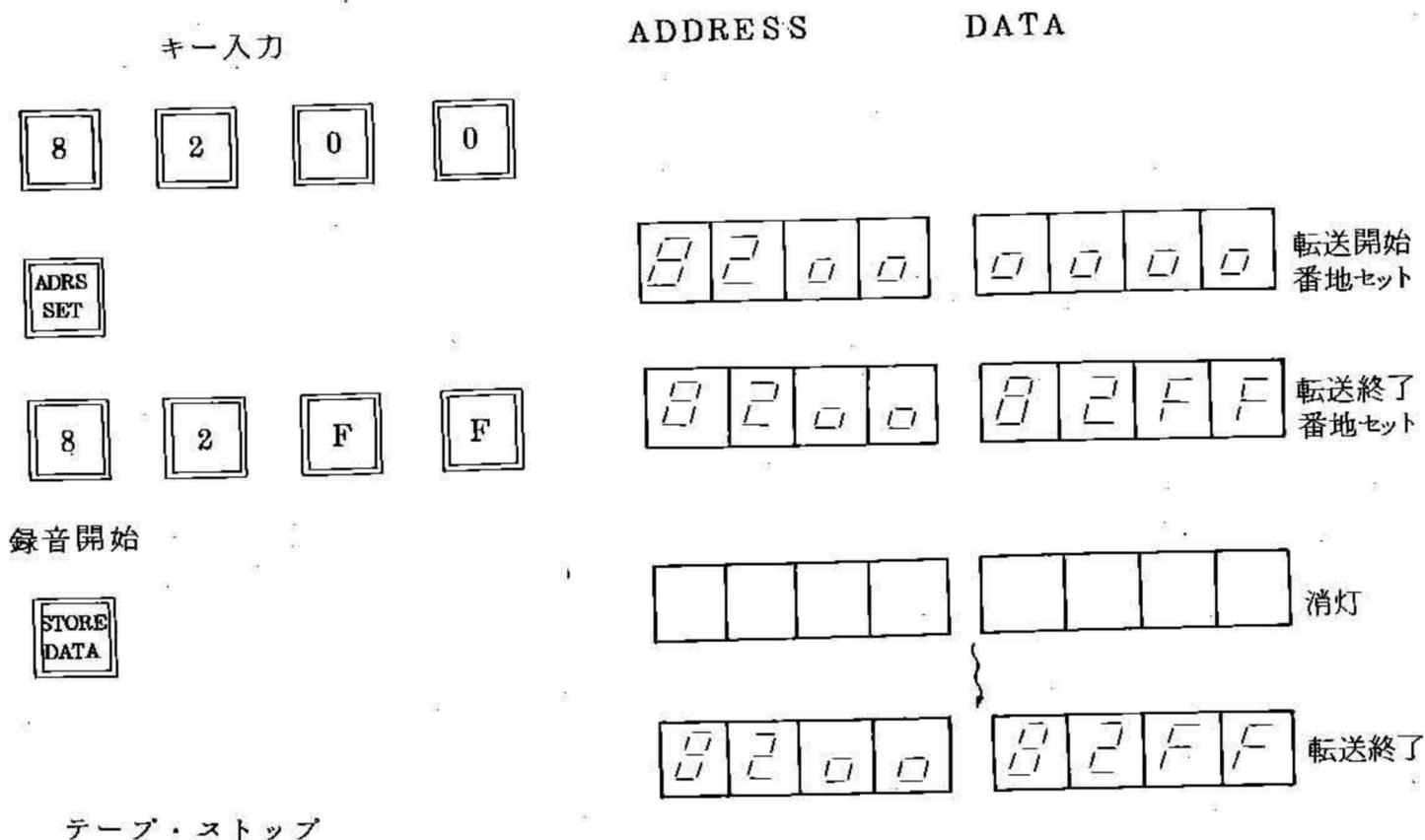
まずデータキーにより，転送開始番地をデータレジスタにセットし ADRS SET キーを押します．続いて，転送終了番地をデータレジスタにセットします．

ここでテープレコーダを録音状態として，先ほどの発信を数十秒録音します．

この後 STORE DATA キーを押してください．

STORE DATA キーが押されるとＬＥＤディスプレイ上の表示が消灯し，データの転送がはじまります．

データの転送が終了すると，再びＬＥＤディスプレイが点灯して，データの転送が終了したことを表します．

これを確認した上でテープレコーダをストップさせてください．

6.7.3 データのロード

テープレコーダのイヤホーン出力端子か，ライン出力端子を復調回路の入力端子に接続します．接続ケーブルは，シールド線が望ましいでしょう．

テープよりデータをロードする場合も，テープレコーダの出力レベルの調整が必要です．

復調回路の入力レベルは，1V程度必要です．ポータブル・テープレコーダのイヤホーン出力端子は，スピーカと並列になっているものが多いためこの程度の出力レベルが得られますが，もしこの出力レベルが得られない場合は，復調回路の前段で電力増幅を行ってください．また出力信号が歪んでいるとエラーの原因になりますので，出力信号が歪んでいないことを確認してください．

調整が終了すると，データのロード操作にうつります．

回路図に付加されているモニタ用イヤホーンジャックがついている場合は，イヤホーンでテープ出力をモニタしながら操作するとよいでしょう．

RESET キーを押しモニタプログラムを走らせます．

次にテープレコーダの再生を開始し，データの前に録音されているマーク音（4KHz程度の発振音でデータ転送を開始する前に録音したもの）を確認した後 LOAD DATA キーを押します．

この操作によりLEDディスプレイが消灯し，データの受信が開始されます．

テープには，データのロード先頭番地とエンド番地も記録されているため，データは自動的にその領域にロードされます．

データのロードが終了するとサムチェックを行い，受信したデータにエラーがないことを自動的に確認します．

ここでエラーがないことが確認されると，アドレス・ディスプレイにデータ転送のスタート番地，データ・ディスプレイにはエンド番地が表示されます．

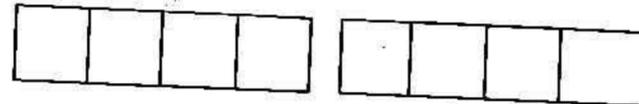
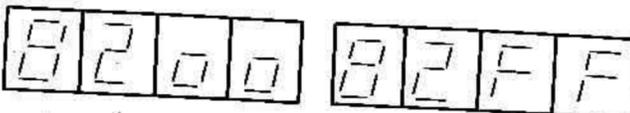
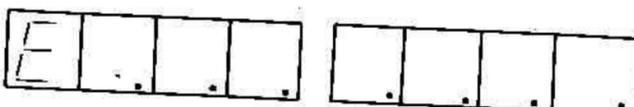
もしエラーが検出されますと，LEDディスプレイにエラーメッセージが表示されます．

キー入力　　ADDRESS　　DATA

テープ再生開始

マーク音確認

□□□□ □□□□　受信中消灯

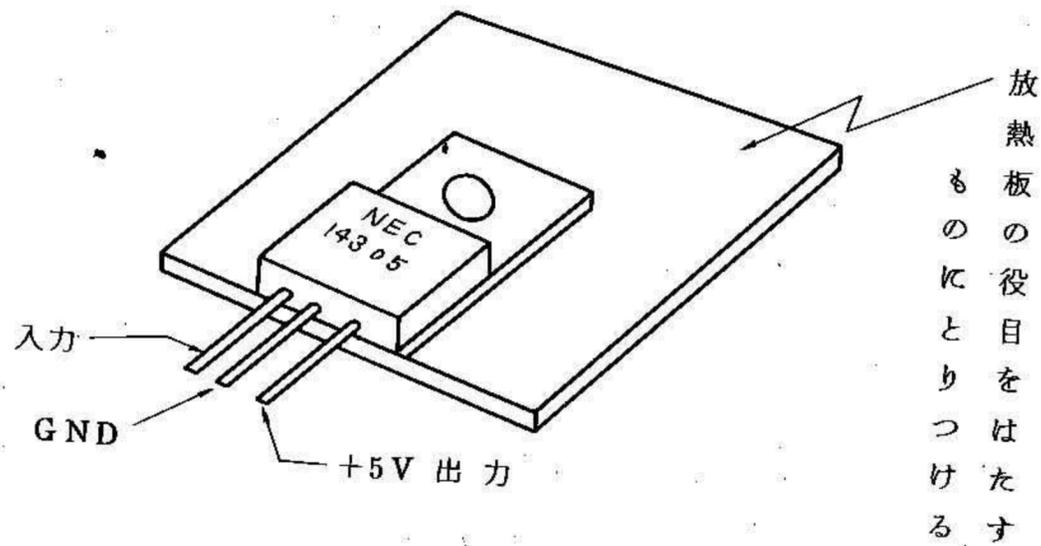
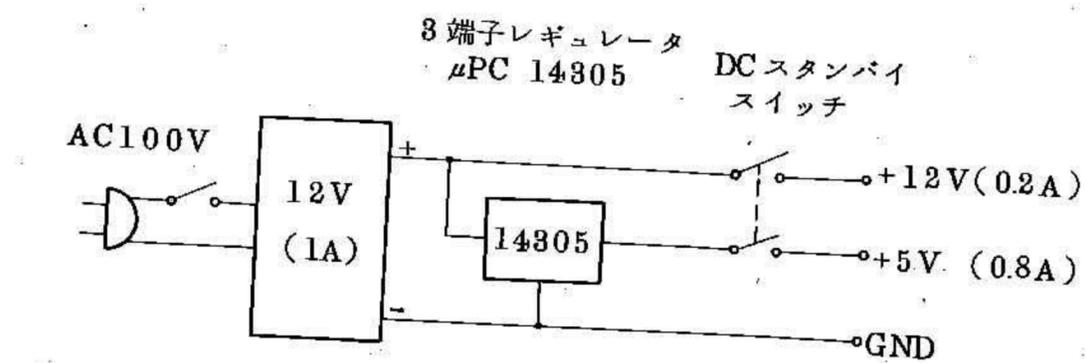
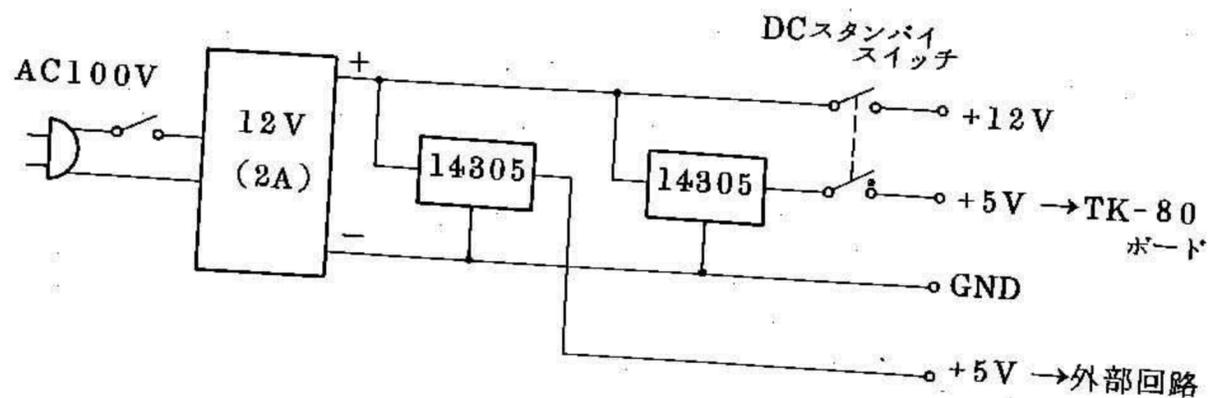
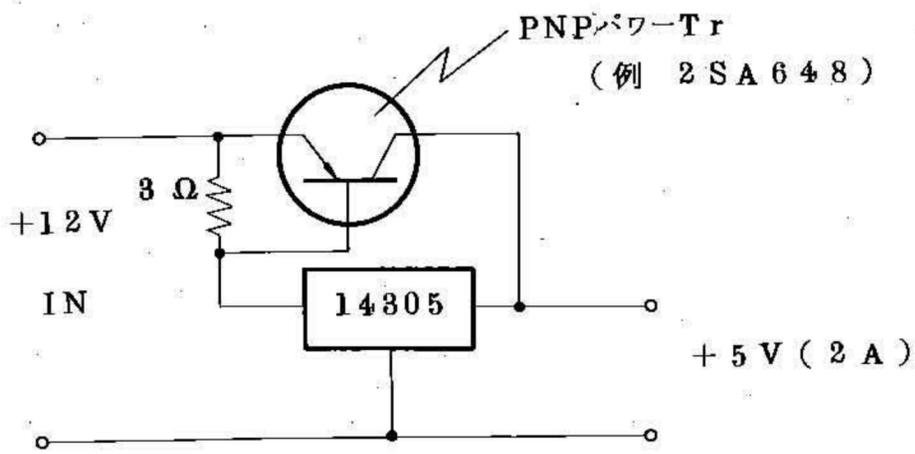
8200 82FF　受信終了エラーなし

E. . . . .　受信終了エラーあり

また最初に入っている転送スタート番地もしくはエンド番地をリードエラーしますと，前記のような表示はされず，受信状態から抜け出してこないことがあります．

エラーが発生した場合，その原因は単発的なノイズか録再生レベルが不適当であることが考えられますので，まずは再生レベルを再調整してやりなおしてください．また前記のように受信状態から抜け出してこない場合は，RESET キーを押してからやりなおしてください．

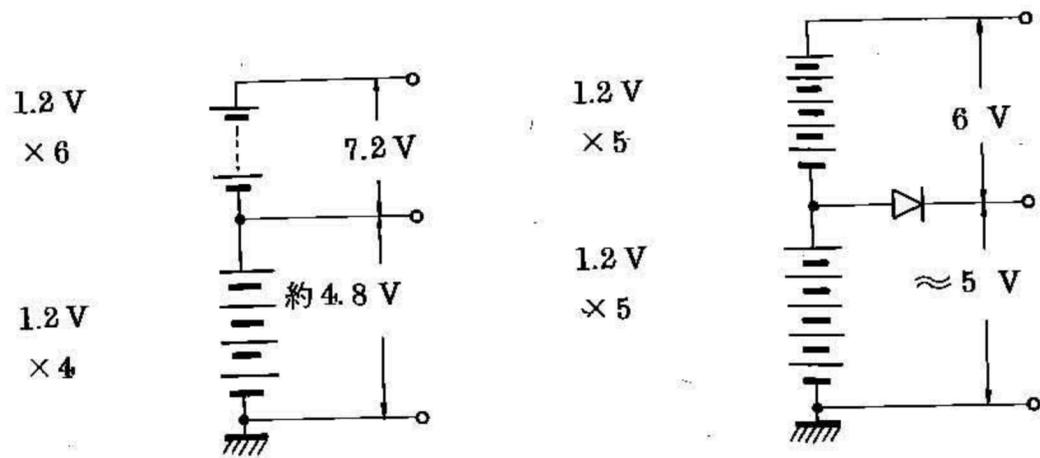
第７章　TK-80用電源回路例

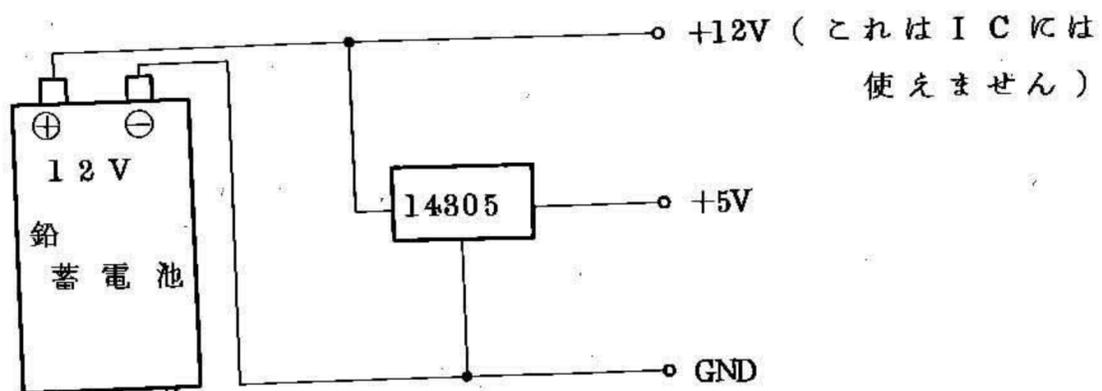
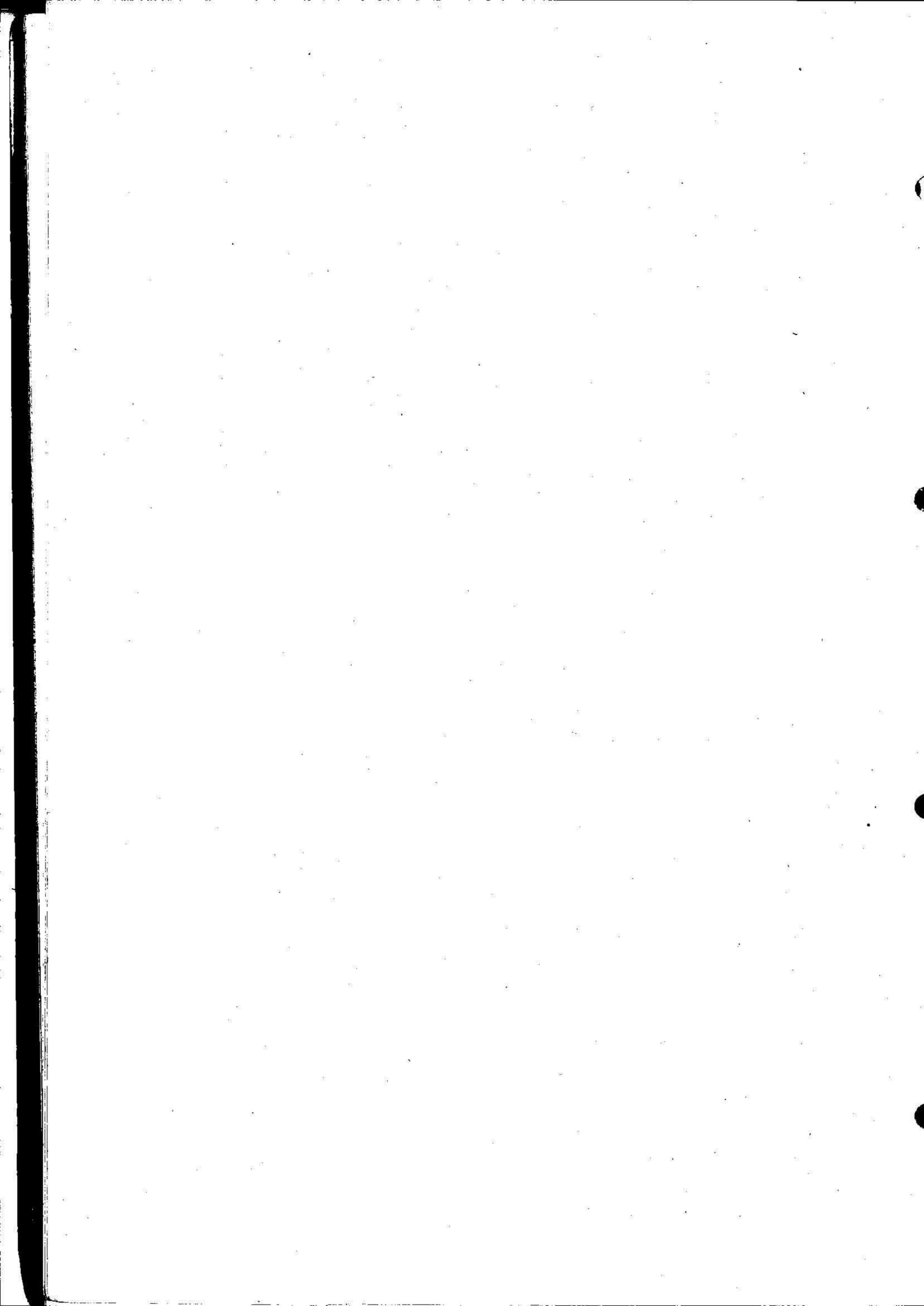
７．１　３端子レギュレータを使用する場合

ＴＫ－８０には，＋１２Ｖ，＋５Ｖの２電源が必要ですが＋１２Ｖ電源の電流容量に余裕があれば，＋１２Ｖから＋５Ｖを作り出して使用することができます．

＋５Ｖの電流容量をさらにふやしたい場合には，次の図のように３端子レギュレータを複数個使うとよいでしょう．

３端子レギュレータ１個で済ませたい場合には，次のような回路でも電流容量は増やせます．ただし，レギュレーションは多少悪くなります．

7.2 バッテリー動作

ニッケル・カドミウムの充電可能な電池を使うのが便利です.

この場合端子電圧は，1個当たり1.2V(公称電圧)ですので，+5Vとしては4個直列の4.8Vか，5個直列の6Vをダイオードの順方向電圧分落として5V近くで使用できます.

ニッケル・カドミウム電池の場合

容量の大きい12Vの鉛蓄電池がある場合，3端子レギュレータで5Vに落とすようにしておけば，電池の端子電圧が相当減少しても使用できます.

12V鉛蓄電池の場合は簡単です.

注　自動車のバッテリーから電源を供給する場合エンジンの回転数に応じてバッテリーの端子電圧が変動しますので，直接ＴＫ－８０の＋１２Ｖ電源には接続しないでください。

付図．I　プリント基板端子配列表

端子番号	端 子 名	端子番号	端 子 名
A 1	GND	B 1	GND
2	GND	2	GND
3	+5V	3	+5V
4		4	
5	+12V	5	+12V
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10	AB15	10	AB 7
11	AB14	11	AB 6
12	AB13	12	AB 5
13	AB12	13	AB 4
14	AB11	14	AB 3
15	AB10	15	AB 2
16	AB 9	16	AB 1
17	AB 8	17	AB 0
18		18	
19		19	
20		20	
21		21	
22		22	
23		23	
24		24	
25		25	
26		26	DB 7
27		27	DB 6
28		28	DB 5
29		29	DB 4
30		30	DB 3
31		31	DB 2
32		32	DB 1
33		33	DB 0
34		34	
35		35	
36		36	
37		37	
38		38	
39		39	
40		40	
41		41	
42		42	
43		43	
44		44	
45		45	
46		46	
47		47	
48		48	
49		49	
50	GND	50	GND

付図Ⅲ　プリント基板部品面図

8080A
13
8228
14
8224
8255
15
8212
28
2155
555
29
223
KEY SWITCH
TAPE LOAD
TAPE STOR
MEM WRIT
MAD INCK
READ DECR
ADRS SET
RET
RUN
74LS04 (14PIN)
8080A (40PIN)
8228 (28PIN)
8255 (40PIN)
8224 (16PIN)
5101 (22PIN)
8212 (24PIN)
555 (8PIN)
特に指定のないものは普通公差
第三角法
尺度
設計
査閲
承認
T. Goto
76, 6, 10
仕様書
組立図
部品表
素材名
所要寸度
仕上および処理
NEC 日本電気株式会社

付図Ⅱ　TK－80回路図